

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 9月18日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-286849

出 願 人

Applicant (s):

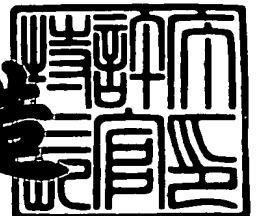
株式会社日立製作所

Docket No.: NIP-232
Filed On: March 20, 2001
Mattingly, Stanger & Malur, P.C.
Phone: 703-684-1120

2001年 2月23日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3010322

【書類名】 特許願

【整理番号】 1100018721

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G21C 17/017

【発明の名称】 減肉予測情報の提供方法，減肉予測プログラムが記録されたコンピュータ読み取り可能な記録媒体及び配管工事計画の立案方法

【請求項の数】 5

【発明者】

 【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号
株式会社 日立製作所 日立研究所内

 【氏名】 能島 雅史

【発明者】

 【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号
株式会社 日立製作所 日立研究所内

 【氏名】 荒木 憲司

【発明者】

 【住所又は居所】 茨城県日立市幸町三丁目 1 番 1 号
株式会社 日立製作所 原子力事業部内

 【氏名】 竹内 力

【発明者】

 【住所又は居所】 茨城県日立市幸町三丁目 1 番 1 号
株式会社 日立製作所 原子力事業部内

 【氏名】 久恒 眞一

【発明者】

 【住所又は居所】 茨城県日立市幸町三丁目 1 番 1 号
株式会社 日立製作所 原子力事業部内

 【氏名】 青池 聡

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
株式会社 日立製作所 日立研究所内

【氏名】 高田 将年

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
株式会社 日立製作所 日立研究所内

【氏名】 宇▲高▼ 健司

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100075096

【弁理士】

【氏名又は名称】 作田 康夫

【電話番号】 03-3212-1111

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2000-101188

【出願日】 平成12年 3月31日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013088

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 減肉予測情報の提供方法、減肉予測プログラムが記録されたコンピュータ読み取り可能な記録媒体及び配管工事計画の立案方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

配管部品の肉厚を規定した配管部品の肉厚データを顧客から受け取り、受け取った該肉厚データを基にシミュレートした配管部品の肉厚データを顧客に提供する減肉予測情報の提供方法であって、

前記配管部品の肉厚データと該配管部品を含む配管ラインの 3 次元配置データを基に、該配管ライン内部を流れる流体の挙動を計算機でシミュレートし、

そのシミュレートした流体の挙動の変化から、前記配管ラインを構成する配管部品の肉厚データを求め、

その減肉した肉厚データを顧客に送信することを特徴とする減肉予測情報の提供方法。

【請求項 2】

請求項 1 において、

前記 3 次元配置データは顧客から送信されたデータであることを特徴とする減肉予測情報の提供方法。

【請求項 3】

請求項 1 において、

前記肉厚データを求めた配管ラインを構成する配管部品は、前記顧客から受け取った配管部品の肉厚データが示す配管部品とは異なる配管部品を含むことを特徴とする減肉予測情報の提供方法。

【請求項 4】

配管部品の肉厚を規定した配管部品の肉厚データに基づいて、減肉した配管の肉厚をコンピュータで予測する減肉予測プログラムが格納されたコンピュータ読み取り可能な記憶媒体であって、

前記配管部品の肉厚データとその配管部品を含む配管ラインの 3 次元配置データを元に、配管ラインの内部を流れる流体の挙動の変化をシミュレートする処理

と、

前記シミュレートした流体の挙動の変化から、前記配管ラインを構成する配管部品の減肉した肉厚データを求める処理をコンピュータに実行させる減肉予測プログラムが格納されたコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【請求項 5】

配管内を流れる流体の挙動をシミュレーションすることにより、将来の配管肉厚を予測し、予測肉厚を基に配管の交換計画を立案する配管工事計画の立案方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、プロセスプラントにおける配管部品の寿命予測技術およびその寿命予測結果を用いた配管部品の交換工事計画の作成技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

特開平8-178172 号「機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法」、米国特許番号4,935,195「CORROSION-EROSION TREND MONITORING AND DIAGNOSTIC SYSTEM」に見られるように、従来のプロセスプラントの保全形態は、減肉管理に必要な諸情報、特に減肉測定データベースと文献データベース（配管の内部を流れる流体の温度、圧力、溶存酸素濃度、流速など）から、減肉予測式を立て、配管減肉最大進展値を配管部品一つ一つに対して予測を行っていた。さらに、この予測した配管部品の一つ一つに対して点検計画および取替え作業計画を立案していた。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

従来の技術では、一つのエルボ、一つの直管といった個々の配管部品についての過去の減肉測定データを基に、肉厚を測定した配管部品の減肉予測を行い、部品の3次元的な配置や隣接して接続される部品の種類や形状について考慮していなかった。

【0004】

通常、プロセスプラントを構成している配管部品（配管（エルボや直管，絞り管，分岐管等），バルブ，ポンプ等）は、同じ部品，同じ形状，同じ材質であっても3次元的に異なる配置がされるため、その配置された位置や接続される部品の種類等に応じて部品内部の流体の挙動が異なり、配管部品の減肉率は、この流体の挙動によって大きく異なる。また、プロセスプラントを構成しているプラント部品の耐久性は、部品の3次元的な配置や接続される部品の種類によっても、また、それらの内部を流れる流体の条件やプラント停止回数によっても異なる。

【0005】

従って、プロセスプラントを構成する配管ライン全体を流れる流体の挙動の変化を考慮した減肉予測や、これらの予測結果を基にした配管部品の効率的な交換計画を立案することができなかった。

【0006】

また、一つの配管内でも測定していない部分についての減肉予測や、プロセスプラント全体を構成する配管部品の寿命予測や配管部品の減肉予測を行うことができなかった。

【0007】

また、従来では部品の交換計画は各配管部品の交換周期がそれぞれ異なる場合に、それに伴う交換工事も各配管部品ごとに、頻繁に配管部品交換工事を行う必要があり、この一回の交換工事には、工事に伴う準備やプラント運転停止の必要があるため、改造工事が頻繁に発生すると、準備につぎ込む多大な費用やプラント停止に伴う稼働率の低下によってもたらされる経済的な損失を伴っていた。

【0008】

これは、配管などのプロセスプラントを構成する部品の予測寿命や予測減肉肉厚を用いた交換工事の計画を立てる際に、プロセスプラント全体の配管部品の寿命を正確に知ることができなかったためである。

【0009】

本発明の目的は、精度の高い減肉予測を行うことである。

【0010】

また、本発明の目的は、肉厚を測定した配管部品とは異なる配管部品の減肉予測を可能にすることにある。

【 0 0 1 1 】

また、本発明の目的は、これらの減肉予測の結果を顧客に提供することである。

【 0 0 1 2 】

また、本発明の他の目的は、これらの予測結果から配管ライン又はプロセスプラント全体を構成する個々の部品寿命や予測減肉肉厚を考慮した交換工事計画の立案を可能にすること、及び、これらの減肉予測結果を顧客に提供することである。

【 0 0 1 3 】

また、本発明の他の目的は、プロセスプラント全体の配管部品に対する交換工事の回数を減らすことにより、長期間運転を目的とした経済的な交換工事計画を立案を可能にすることにある。

【 0 0 1 4 】

また、単に、配管部品の交換回数の低減だけでなく、工事に必要な価格を考慮した低コストな長期間のプラント保全計画を立案することにある。

【 0 0 1 5 】

また、これらの立案した交換工事計画を顧客に提案することにある。

【 0 0 1 6 】

【課題を解決するための手段】

本発明の態様には以下のものがある。

【 0 0 1 7 】

まず、対象とするプロセスプラントの配管部品の肉厚データを測定するか、測定した結果の肉厚データを顧客から受け取り、DB（データベース）に記憶する。

【 0 0 1 8 】

そのプロセスプラントの配管ラインに流す流体の初期条件をあらわす配管内の流体データと配管部品の3次元配置データも同様に、測定するか、顧客から受け

取り、予めDBに記憶しておく。

【0019】

次に、配管部品の3次元配置データから配管部品の配置及び個々の配管部品の肉厚や形状を求める。

【0020】

その3次元配置データから求めた配管の肉厚と測定した肉厚データとから減肉量を求め、配管ラインの使用年月と求めた減肉量から時間あたりの減肉率を求める。

【0021】

その減肉率又は減肉量のパターンからその配管部品を流れる流体の挙動を推定する。

【0022】

その配管部品を流れる流体の挙動と流体データが示す初期条件から、その配管部品を含む配管ライン全体を流れる流体の旋回流データを求める。

【0023】

その旋回流データを基に、流体シミュレーションすることにより該配管ラインの各所のせん断応力を求める。

【0024】

求めたせん断応力のうちの肉厚測定個所のせん断応力に対する肉厚測定個所の減肉率を求める。具体的には、減肉率をせん断応力で割ることにより、せん断応力の単位あたりの減肉率を求める。

【0025】

このせん断応力の単位あたりの減肉率に、配管ラインの各所のせん断応力を掛けることで、配管ラインの各所の予測肉厚を算出する。

【0026】

また、測定個所がない配管ラインについては、その配管ラインを流れる旋回流のせん断応力を求め、その配管ラインと類似する配管ラインがある場合は、その類似する配管ラインの肉厚測定個所のせん断応力に対する肉厚測定個所の減肉率を用いて配管ラインの予測肉厚を算出し、類似する配管ラインがない場合は、せ

ん断応力が最も大きくなる個所の減肉率を、肉厚の測定を行った配管ラインの肉厚測定個所のせん断応力に対する肉厚測定個所の減肉率の平均値として、配管ラインの予測肉厚を算出する。

【 0 0 2 7 】

このように本発明では、配管ライン中に流れる流体の挙動、その流体の挙動による減肉をシミュレーションしているので、単に肉厚を測定した配管部品だけでなく、配管ライン全体の配管部品の減肉予測が可能になる。

【 0 0 2 8 】

さらに、このように、肉厚を測定した配管部品以外の配管部品の予測肉厚を含む予測肉厚結果を基に、配管部品の交換工事計画を立案することにより、同一時期に交換すべき配管部品を特定することができるので、配管ライン全体における配管部品の効率的な交換工事計画（プラント停止回数を抑えることができる交換工事計画）が立案できるようになる。

【 0 0 2 9 】

さらに、同時に交換工事を行うことにより総コストを下げることのできる配管部品の組み合わせをデータベース化にしておき、そのDBに格納された組み合わせを用いて交換工事計画を立案することによって、1回の交換工事にかかるコストも抑えることができるようになる。

【 0 0 3 0 】

【発明の実施の形態】

まず、プロセスプラントの設計について説明する。

プロセスプラントの設計は、通常、大型機器の配置位置を決め、大型機器を配管等で結んで目的とする機能を満足する論理設計を行う。通常、この論理設計を系統設計と呼んでいる。例えば、蒸気を発生させる論理設計を行う場合、まず、水を高温、高圧にする装置から、蒸気を取り出す蒸気発生装置まで、配管で接続し、発生させた後は、タービン翼回転装置まで、配管で蒸気を運ぶ論理図を作成する。この際、高温、高圧の水を作る装置から蒸気発生器までは、高圧に耐え、保温性を向上させるという機能を有する材質の配管を選択して配置していき、蒸気発生器からタービン翼までは、蒸気の流れる速度を高速にするという目的のた

めに、徐々に配管径を絞った配管部品を選択して配置していく。このように蒸気発生装置と蒸気タービンといったようなプラント構成機器の間の配管部品の配置を決めることがプロセスプラントにおける系統設計である。

【 0 0 3 1 】

この系統設計を行う際、同じ目的で論理設計を行う配管部品の最小単位を1つの配管系統と呼ぶ。

【 0 0 3 2 】

さらに、その配管系統を実現するために、1本の配管を利用する場合よりも蒸気発生効率を考え、複数の配管に分ける場合が普通である。そのそれぞれに配管のライン番号を識別子として設定する。つまり、すなわち1つの配管系統は、複数のライン番号をもつ配管ラインで構成されている。

【 0 0 3 3 】

また、論理設計された配管を空間に配置するレイアウト設計を行う。このレイアウトは配管ライン番号毎に行われる。

【 0 0 3 4 】

また、建設据付け時に据付け易いように、1.5メートルから2.0メートルに予め切断して、搬入し溶接などの接続方式を用いて施工する。この配管最小単位を配管部品と呼んでいる。

【 0 0 3 5 】

次に、本発明を実施する場合の形態について詳細に説明する。

【 0 0 3 6 】

図1は、本システムを利用した全体システム構成図である。

【 0 0 3 7 】

本システムは、サービス提供者システム110と、顧客システム120と、ベンダーシステム130とで構成されている。

【 0 0 3 8 】

顧客システム120は、サービス者提供システムと通信回線で接続された通信装置121と、プラントを構成する3次元配置データ、配管の肉厚を測定した肉厚測定データ、及び配管内を流れる配管内流体データを格納したDB123と、

DB123内のデータを通信装置を介して送信する処理とサービス提供者システム110から情報を受信する処理を行う情報処理装置122を有する。

【0039】

ベンダーシステム130も、同様の構成である。

【0040】

また、サービス提供者システム110は、顧客システム120とベンダーシステム130との間の通信を行う通信装置111、データベース113、表示装置114、通信装置111とデータベース113と表示装置114とキーボードなどの入力装置に接続され本サービス提供者システムのメイン処理を行う情報処理装置112で構成されている。情報処理装置112で行う処理として、減肉予測処理115と交換工事立案処理116があるが、これらはプログラムをOS上で実行することで行われる処理であり、これらのプログラムは、記録媒体に格納されたプログラムをインストールするか、インターネットを介してダウンロードしてインストールする。

【0041】

図2に、サービス提供者システムのシステム詳細図を示す。

【0042】

DB113は、配管部品の3次元配置情報（図7）が記録されているデータベース201、配管部品の肉厚を測定した測定データ（図8）が記録されているデータベース202、配管内部を流れる流体に関するデータ（具体的には、流体の種類、粘性、平均流速、圧力、温度、酸素イオン濃度、金属イオン濃度である。図9）が記録されているデータベース203を有する構成である。

【0043】

記録媒体に記録された減肉予測プログラムを読み込んで配管ラインの減肉を予測する配管減肉予測処理115は、流体挙動推定処理部241と、流体シミュレーション処理部242と、配管部品入口付近での流体データを作成する入力流体データ発生処理部243と、配管減肉率の高い箇所を選択して出力する選択出力部25とを有している。なお、選択出力部207は、表示装置114に表示させるだけでなく、通信装置111及び121を介して顧客システムへ送信し、通信

装置 1 1 1 及び 1 3 1 を介してベンダーシステム 1 3 0 へ送信する処理を行う。

【 0 0 4 4 】

交換工事計画立案処理 1 1 6 については後述することにし、まず配管減肉予測処理 1 1 5 の処理について図 3 のフロー図を用いて説明する。

【 0 0 4 5 】

まず、対象とするプラントの配管の 3 次元配置データと、配管ライン内を流れる流体データ、肉厚測定データがあるかどうか検索し、チェックする。(処理 3 0 1) もし、無い場合は、顧客システム 1 2 0 に通信装置を介して要求し、受け取る(処理 3 0 2)。

【 0 0 4 6 】

次に、配管部品 I D がキーボード又はマウス 9 4 から直接入力されると、その配管部品 I D が、(通信装置 1 1 1 及び 1 2 1 を介して) 流体シミュレーション処理部 2 0 5 に入力される。流体シミュレーション処理部 2 0 5 は、DB 2 0 1 から対象とするプラントの配管の 3 次元配置情報を読み込む。入力された配管部品 I D が含まれる配管ラインを選択し、その配管ラインに含まれる配管部品を、配管部品 I D をキーに検索する(処理 3 0 3)。

【 0 0 4 7 】

なお、DB 2 0 1 に格納された配管の 3 次元配置情報は、配管を部品 I D、位置情報、接続情報、形状(肉厚)、材質、系統 N o、配管ライン N o、測定肉厚データ I D で管理しているので、その入力された配管部品 I D をキーにして、その配管ライン N o を検索でき、その配管ライン N o をキーにして、さらにその配管ラインに含まれる部品 I D を検索できるようになっている。

【 0 0 4 8 】

次に、DB 2 0 2 の減肉測定データの配管部品 I D を基に、選んだ配管部品が含まれる配管ライン上に、肉厚測定済みの配管部品が含まれるかどうかを配管の 3 次元配置情報の測定肉厚データ N o の有無で、チェックする(処理 3 0 4)

【 0 0 4 9 】

チェックを行った結果、配管ライン上にある場合は、処理 1 を実行する。

【 0 0 5 0 】

配管ライン上に無い場合は、類似する配管ラインがあるかチェックする（処理 3 0 5）。

【 0 0 5 1 】

ここでいう類似は、同じ系統にある配管ラインであること、配管の口径や配管内を流れる流体の平均流速が一定範囲内にあること等により判断する。

【 0 0 5 2 】

類似する配管ラインがある場合、処理 2 を実行し、類似する配管ラインがない場合、処理 3 を実行する。なお、処理 1 ～ 3 は、DB 2 0 1 ～ 2 0 3 に格納されたデータを用いて、選択された配管ラインの予測肉厚を算出する処理である。

【 0 0 5 3 】

これら処理 1 ～ 3 を実行後、未処理配管ラインがあるか否かチェックする（処理 3 0 9）。

【 0 0 5 4 】

未処理配管ラインがあれば、処理 3 0 2 に戻り、なければ、次の処理 3 1 0 に進む。

【 0 0 5 5 】

全配管ライン終了後、予測肉厚の結果を表示させる。

【 0 0 5 6 】

その際、選択出力部で、所定の範囲以下の肉厚である配管部品については、色を変化させるなどして、表示装置 1 1 4 に強調表示させる（処理 3 1 0）。

【 0 0 5 7 】

その後、顧客に送信するとともに、交換工事計画立案処理 1 1 6 を実行する。

【 0 0 5 8 】

次に、前述した処理 1 ～ 3 について説明する。

【 0 0 5 9 】

まず、DB 2 0 1 ～ 2 0 3 に格納されたデータを読み込む。

【 0 0 6 0 】

処理 1 の概略フローを図 4 に示す。

【 0 0 6 1 】

まず、流体挙動推定部 2 0 4 で、配管内部を流れる流体の旋回方向と、軸方向を求める（処理 4 0 1）。この処理 4 0 1 は、図 1 0 のフローにより行う。

【 0 0 6 2 】

肉厚測定データベース 2 0 2 から、該当する測定肉厚データ I D をキーとし、選択した配管ラインに含まれる肉厚測定データを選び出す（処理 1 0 0 1）。次に、入力した減肉測定データの中から測定した肉厚データのうち、最大及び 2 番目に減肉した測定箇所の位置データを検索する（処理 1 0 0 2, 1 0 0 3）。それらの位置を線分で結び（処理 1 0 0 4）、配管の軸方向に対する線分の角度を求める（処理 1 0 0 5）。この求めた角度を、肉厚を測定した配管部品の入口付近の流体の旋回方向とする。

【 0 0 6 3 】

次に、流体データ発生処理部で、旋回流データを作成する（処理 4 0 2）。

【 0 0 6 4 】

図 1 2 の処理フローが示すように、流体挙動推定処理部で求めた旋回角度 $\cos \theta$, $\sin \theta$ をとりだし（処理 1 2 0 1）配管の入口に仮想粒子を配置し、ポアズイユ流速を、配管断面の垂直方向に与え、それ以外を $\cos \theta$, $\sin \theta$ で与える。

【 0 0 6 5 】

さらに、流体シミュレーション処理 2 4 2 で、最大減肉箇所でのせん断応力を求め、せん断応力の単位あたりの減肉率を求める（処理 4 0 3）。これらの処理 4 0 3 は図 1 1 のフローを用いる。つまり、配管の 3 次元配置情報を DB 2 0 1 から、配管の長さ、配管半径を取り出す（入力）。次に、配管内流体データベース 2 0 3 から配管部品 I D をキーとして流体の平均流速、粘性を読み取る。読み取った配管の長さ、配管半径、平均流速、粘性を数 3 の各項に代入し、配管部品内の流速分布を求め、その流速を数 4 のように、内壁垂直成分で微分し、粘性で決まる定数を掛けることにより、せん断応力を求める。次に、DB 2 0 2 から肉厚測定データを取り出し、その肉厚を 3 次元配置データに格納されている配管の肉厚データかからひくことで、減肉量を出し、その減肉量を配管の使用期間で割ることで減肉率を出す。その減肉率を求めたせん断応力で割ることによりせん断

応力の単位あたりの減肉率を求める。

$$v = \frac{\Delta P}{4 \eta l} (R^2 - r^2) (1, \cos \theta, \sin \theta) \quad \dots (数 3)$$

【 0 0 6 6 】

$$\tau = K \frac{\partial v}{\partial n} \quad \dots (数 4)$$

【 0 0 6 7 】

ここで σ はせん断力、 k は定数、 y は内壁垂直成分である。

【 0 0 6 8 】

配管ライン上の肉厚未測定配管部品に対して、流体シミュレーション処理部 2 0 5 で解析を行い、各配管部品にかかるせん断応力を求める。

【 0 0 6 9 】

数 5 のように、各配管部品に対するせん断応力に対して、せん断応力単位あたりの減肉率を掛けることにより各配管部品の減肉率を求める (処理 4 0 4) 。

$$S = \sigma \frac{S_1}{\sigma_1} \quad \dots (数 5)$$

【 0 0 7 0 】

S は減肉率、 σ はせん断応力、 S_1 は減肉測定最大箇所の減肉率、 σ_1 はその減肉測定最大箇所のせん断応力である。この減肉率に期間を掛けることで、将来の予測肉厚を求める。

【 0 0 7 1 】

なお、流体シミュレーション処理 2 4 2 は、流体の挙動を粒子で表現し、3 次元配管内部を流速と経過時間の積で求め、軌跡を追尾する方式で流体解析を行う。その際、流体挙動推定部で求めた旋回角度 (方向) を探索 (処理 1 2 0 1) する。該当の配管の入り口に仮想粒子を配置し、ポアズイユ流速を配管断面の垂直成分に与え、それ以外を $\cos \theta$, $\sin \theta$ で与え、その θ に探索した旋回角度を代入することにより、仮想配置した配管内壁へ衝突したら弾性反射させ、衝突箇所

(座標値) を出力する。せん断力は、衝突する粒子の速度と単位時間、単位面積当たりの衝突回数の大小で特定する。

【0072】

ここで、流体シミュレーションに旋回流を用いていること特に数3について説明する。

【0073】

配管を流れる流体は、配管内壁との粘性の影響で、配管内壁から離れた場所が流れが速い。流体の運動は、数1のNavier-Stokes方程式と呼ばれる偏微分方程式で表現できる。

$$\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial t} + (\mathbf{V} \cdot \text{grad}) \mathbf{V} = -\frac{1}{\rho} \text{grad } P + \frac{\eta}{\rho} \nabla^2 \mathbf{V} \quad \dots (\text{数1})$$

【0074】

ここで、 \mathbf{V} は速度ベクトル、 t は時間、 \mathbf{v} は速度、 ρ は密度、 p は圧力、 η は粘性率である。

【0075】

つまり、偏微分方程式は、流体の慣性力によって、回りの流体粒子を弾き飛ばす移流項と分子間力によって、回りの粒子の速度を遅くする拡散項と粒子の前に進もうとする力を与える力の勾配項の和で表される。粒子を弾き飛ばす移流項が非線型のため、不安定な動きをするが、拡散項が流れを安定する方向に効いており、その大きさの大小が、流体全体の挙動に大きな影響を与える。

【0076】

配管内の流れは、境界がすべて配管で覆われているため、開いた空間の流れに比べて拘束条件が強く安定した流れになる。配管の理想的な流れは、ポアズイユ流れと言われる2次放物線の流速分布である。

【0077】

このポアズイユ流れを満たすNavier-Stokes方程式の解として、数2がある。

$$\mathbf{v} = \frac{\Delta P}{4 \eta l} (R^2 - r^2) \quad \dots (\text{数2})$$

【0078】

1 は配管長さ、 R は配管半径、 r は中心位置からの距離である。

【0079】

しかし、配管の断面は、円であるから対称性を持つ。これは数学的には安定であるが、物理的には不安定になる。その証拠に野球のボールは、回転した方が安定した軌跡を描く。

【0080】

流れの境界が配管内壁で覆われているため、極めて希にしか対称性をもつ理想的なポアズイユ流れにはならず、内部は安定した旋回流が支配的となる。そこで、ポアズイユ流れの2次放物線流速分布を配管周方向に回転を与えた旋回流とし、その回転角度を測定した配管の減肉傾向から決めてやることにしている。

【0081】

そのため、数2が数3に変形される。

【0082】

なお、微少な流速の変動がいたるところに発生するが、配管内壁を腐食疲労させるせん断応力の主要因は、流れの主成分である旋回流である。配管内壁への衝撃は旋回流によって生じているからである。金属の表面に安定な酸化皮膜（これを不動態皮膜と呼ぶ）が、生成されるがプラントの運転を開始すると内部を流れる流体の衝撃力で、不動態皮膜がはがされる。はがれた箇所は金属がむき出しになるため、金属イオンが溶け出すアノード反応と、不動態皮膜生成の両方が同時に起こる。一方、カソード反応として不動態皮膜上で電子を消費する化学反応が起こる。不動態皮膜生成よりも金属イオンが溶け出すアノード反応が支配的な場合、減肉と呼ばれる腐食が進む現象が起こる。逆に、不動態皮膜生成が支配的な場合は、不均質な応力のため一点から金属内部に腐食が進み腐食割れを起こす。いずれの腐食も、不動態皮膜のはがれる箇所を流体の挙動から特定できれば予測可能となる。

【0083】

次に、処理2についてのフローを図5を用いて説明する。

【0084】

類似する配管ラインの減肉率とせん断応力の相関関係を求める（処理501）

。つまり、この相関関係とはせん断応力の単位力あたりの減肉率のことである。

【0085】

流体シミュレーション処理部で、配管ラインの旋回流データを求め、せん断応力を求め（処理502）、求めたせん断応力と、類似する配管ラインにおけるせん断応力と減肉率の相関関係から、減肉率を求める（処理503）。これら処理502、503は、処理1の処理と同じである。

【0086】

この減肉率に期間を掛けることにより、将来の予測肉厚を算出する。

【0087】

次に、処理3についてのフローを図6を用いて説明する。

【0088】

まず、流体シミュレーション処理部で系統の全ラインに流体解析を行う（処理601）ことにより、旋回流の旋回方向それぞれに対して、せん断応力を求め、その値の高い箇所を特定する（処理602）。

【0089】

せん断応力の高い箇所（最大箇所）の肉厚データをDBに記憶した測定肉厚データのうちの平均値と仮定する。その仮定の下で、減肉率とせん断応力との相関関係を求める。求めた減肉率とせん断応力の相関関係と、求めたせん断応力から、配管ラインの各配管部品の減肉率を求める。この減肉率を用いて将来の肉厚を予測する。

【0090】

次に、交換工事計画立案処理116について説明するが、その前に、プロセスプラントの配管改造工事計画立案方法を、原子力プラントを例にして詳細に説明する。原子力プラント改造工事は、通常、改造工事区域の弁を閉じることで他の区域と隔離して（系統隔離）安全に行われる。改造工事期間中は、安全性を確保するため一般にプラント運転を停止する。

【0091】

また、原子力プラントの配管交換は、交換作業に必要な「足場作り」、配管内の放射線量を低減させる「除染作業」、工事対象配管ラインの「切断」、切断し

た配管部品をプラント外に廃棄する「処分」、新規配管部品を取付けるための「据付」、据付された配管部品を「溶接」、最後に取付けた配管外周を環境から保護するために「塗装」、という手順で行われる。これら各手順には様々な作業工程がある。

【0092】

これら各作業に必要な期間やコストを見積もることは、工程計画を立てる上で必須である。作業期間やコストは、作業にかかる工数（作業工数）を基にして求めらる。また、作業工数は、配管の数（物量）と作業者の動作時間（作業原単位）の積で表される。

【0093】

すなわち、数6のようになる。

【0094】

作業工数＝物量×作業原単位 …（数6）

また、据付け、溶接作業以外の作業は複数配管の一括交換により、足場の共有化、各工事用機器の準備の手間を省くことにより、工程を低減できる可能性がある。

【0095】

つまり、据付け、溶接作業以外の作業において作業工数は物量に依存しないものがある。よって交換工事にかかる総作業工数は数7で算出される。

【0096】

総作業工数＝（物量×作業原単位）足場作り＋（物量×作業原単位）除染作業
 ＋（物量×作業原単位）切断＋（物量×作業原単位）処分
 ＋（物量×作業原単位）据付＋（物量×作業原単位）溶接
 ＋（物量×作業原単位）塗装 …（数7）

また、作業工数に基づき、工事期間や工事時期の労働者雇用費用などを考慮して工事費を求めることができる。

【0097】

この配管工事総費用は、数8で算出される。

【0098】

配管工事総費用＝工事費用＋プラント運転停止に伴う電力損失

＋配管材料費 … (数 8)

配管部品の交換を複数一括して行うことで、工事の回数を減らすことが可能になり、電力損失や工事費用を抑えてプラント運転期間中の総合的なメンテナンスコストを最適化することができる。

【 0 0 9 9 】

次に、システム構成について説明する。

【 0 1 0 0 】

DB 1 1 3 には、配管減肉予測処理 1 1 5 によって配管部品の減肉予測を行った結果、出力される予測肉厚データを記録するための DB 1 3 0 2 も備えている。

【 0 1 0 1 】

予測肉厚データは、DB 1 3 0 2 から交換工事計画立案処理 1 1 6 に入力される。

【 0 1 0 2 】

交換工事計画立案処理室 1 1 6 は、予測肉厚データからプラント構成部品の正確な耐用年数および余寿命期間を抽出、入力し、プラント構成部品の耐用年数を考慮に入れ、改造対象のプラント構成部品を選択し、長期間のプラント保全計画を複数立案する交換時期組み合わせ作成部 1 3 0 5、その保全計画データと作業手順、配管物量、作業原単位データから作業工数を算出し、その作業工数から工事費および工事中の運転停止に伴う損失を算出、材料単価と合わせてプラント保全計画にかかる費用を算出する保全費用算出部 1 3 0 3、すべての計画について保全費用が算出記録されると、この中からプラント運転期間中のコストおよび信頼性を最適化する保全計画を、顧客のニーズに合わせて選定する、最適工事計画決定部 1 3 0 4 で構成される。

【 0 1 0 3 】

交換工事計画立案処理 1 1 6 で行われる処理フローを、図 1 4 を用いて説明する。

【 0 1 0 4 】

先ず、配管減肉予測処理 1 1 5 で配管部品の減肉予測を行い、予測肉厚データが配管劣化データベース 1 3 0 2 内の 1 4 0 2 内に、配管劣化データとして記録される。この配管劣化データと配管 3 次元配管データは＜交換時期組み合わせ作成部 1 3 0 5＞に入力され、各プラント部品交換時期すべての組み合わせが出力され(処理 1 4 0 3)、工事計画データとして交換時期計画データベース 1 4 0 4 に記録される。

【 0 1 0 5 】

記録された工事計画データは＜保全費用算出部 1 3 0 3＞に入力され、各工事計画について保全費用が出力され（処理 1 4 0 5）、各工事計画のライフサイクルコストデータベース内に記録される。このようにして見積もられる各工事計画の保全費は＜最適工事計画決定部 1 3 0 4＞に入力され、その中から最も経済的な保全計画が決定される（処理 1 4 0 7）。

【 0 1 0 6 】

次に、交換工事計画立案処理内の各処理部の構成、及び処理フローについて詳細な説明を行う。

【 0 1 0 7 】

まず、＜交換時期組み合わせ作成部 1 3 0 5＞について図 1 5 の処理フローを用いて説明する。

【 0 1 0 8 】

配管部品 I D がキーボードまたはマウスから直接入力されるか、通信装置を介して送信されること配管ラインが選択される（処理 1 5 0 1）。その配管部品 I D をキーにして選択された配管ラインの配管部品の耐用年数が配管劣化データベースから取り出される。この耐用年数が交換対象配管組み合わせ作成部に入力される。さらに、その配管部品を含む配管ライン上の N 個の配管部品 I D が配管劣化データベース 1 4 0 2 から自動的に検索され、その情報も同様に入力される（処理 1 5 0 2）。

【 0 1 0 9 】

次に入力された耐用年数の N 個の配管部品から、耐用年数の最も短い配管部品を検索し（処理 1 5 0 4）、その配管部品の耐用年数を a とすると、その m (m

= 0, 1, 2, 3 …) 倍年、 $a \times m$ 年を工事周期とし (処理 1 5 0 5)、 m 回目の工事時期に他の部品を変更するしかないかを場合分けし (処理 1 5 0 6)、その場合分けの組み合わせ図 2 0 のようなデータとして出力、交換時期計画データベース 1 4 0 4 に記録する。

【0 1 1 0】

次に、＜保全費用算出部 1 3 0 3＞について構成について説明する。

【0 1 1 1】

＜保全費用算出部 1 3 0 3＞は、配管の 3 次元情報から抽出される図 2 1 のような物量データベース 1 6 1 1, 保全工事の各作業における作業員の動作時間 (作業原単位) を図 2 2 のようにデータ化した作業原単位データベース 1 6 1 2, 工事ごとの作業内容および手順を図 2 3 のようにデータ化した作業手順データベース 1 6 1 3, 作業区域と工事に伴うプラント運転停止期間を図 2 5 のようにデータベース化した作業工数・停止期間対応テーブル 1 6 1 4, 作業量 (作業工数) とそれに伴う作業コストを図 2 6 のようにデータベース化した作業工数・作業コスト対応テーブル 1 6 1 5, 工事区域を閉鎖した際の運転停止に伴う 1 日の損失を図 2 7 のようにデータ化した停止 1 日当りの損失データベース 1 6 1 6, 配管部品の単価を図 2 8 のように記録した材料単価データベース 1 6 1 7 を用いる。

【0 1 1 2】

ここで、物量データベースはプラント構成部品 3 次元配置データベース 1301 から配管の長さに関するデータを抽出し、図 2 1 のように各配管ごとの長さをデータ化している。

【0 1 1 3】

作業原単位データベースは図 2 2 のように各作業ごとに作業量をデータ化して、まとめたデータを記録したものである。

【0 1 1 4】

作業手順データは各プラント構成部品に付随する作業を行うかどうかを図 2 3 のように、まとめ、これを記録している。ここで表中の 1 はその作業を行うこと、0 は作業を行わないことを意味する。この処理は図 2 4 のフローに従って行わ

れる。また、3次元配置データベース1301とこのデータベースをリンクさせ、配管座標から、z座標策定（処理2401）、これから配管の地上からの位置を策定、抽出し、その高さが1m以上かを判別し（処理2402）、1m以上なら作業手順データ内の該当配管の足場作業欄に1が記録され（処理2403）、1m未満なら同所に0が記録される（処理2404）。

【0115】

作業工数・停止期間対応テーブル1614は、作業工数からそれに伴う工事期間を経験的に策定し、図25のようにまとめたデータを記録している。

【0116】

作業工数・作業コスト対応テーブル1615は、ある作業手順における作業工数から作業にかかる経験的費用を算出し、図26のようにまとめたデータを記録している。また、このデータは物価の変動や雇用状況を考慮に入れて常に更新することもできる。

【0117】

停止時期1日当たりの損失データベース1616は、工事に伴う運転停止による1日当たりの電力損失を図27のようにまとめたデータを記録している。

【0118】

材料単価データベース1617は3次元配管データベースからメモリ1607に記録された工事対象配管IDをキーにして配管の材質、径、肉厚、長さなどの情報を検索し（配管情報抽出処理）、その配管単価2801を図28のようにまとめたデータを格納している。

【0119】

また、材料単価データベース1617は通信装置を介することでベンダーシステムと接続することができ、ベンダーシステムによって配管部品の最新価格や納期を記録することができる。このシステムは、材料納期や市場を反映した工事計画を立てることも可能である。

【0120】

次に＜保全費用算出部1303＞の処理フローを図33、図34を用いて説明する。

【0121】

まず交換時期計画データベースから作業計画データが作業工数算出部に入力される。工数算出部はデータの2002部から、交換工事時期は2003部から、各工事年ごとの交換対象配管を策定し（交換対象1，非対象0）（処理3301）、工事対象配管のIDをキーにして該当配管の作業手順データ1613から各行程作業を行うかどうかを策定（作業必要あり1，作業必要なし0）、各作業工数を、（数6）によって算出する（処理3302）。

【0122】

ここで、配管ごとの各作業の物量として物量データ1611を入力、作業原単位として作業原単位データ1012をそれぞれの作業ごとに検索し、入力する。その結果、各作業工数および総作業工数が出力され、作業工数データベース内に記録され、さらに選択した配管全ての交換作業に要する作業工数を作業ごと合計し、その結果は図29に2901部を加えて記録される（処理3303）。また、省略できる工事対象配管があるかどうか確認し、省略できる作業工数を策定する。この省略可能かどうかは図26に示すフローに従って配管部品ごとに決められる（処理3304）。この省略できる作業工数を各作業工数から引いて総作業工数を策定する。

【0123】

工数運転停止期間における損失処理部は作業工数データの2901部を入力し、これから各作業工数の合計2902を策定し（処理3401）、さらに、工数作業工数・停止期間対応テーブル1614から各作業毎の工事期間を策定し（処理3402）、作業期間データとして出力され、図25のように記録される。この策定処理は以下のように行われる。作業工数を $10 \times A + C$ （A，B：整数， $B < 10$ ）とすると、図25の1列目2501はA、1行目2502はBを示しており、例えば作業工数が25の場合、 $A = 2$ ， $B = 5$ と識別し、図25中の2503部を必要な工事期間とする。

【0124】

総保全費策定処理部は、作業工数データベース1605の各作業の作業工数を策定し、これをキーとして作業日数・作業コスト対応テーブル1615から作業

にかかるコストを算出する。

【0125】

この策定処理は作業工数・停止期間対応テーブルで行った処理と同様に行われる。作業工数を $10XA+C$ (A, B : 整数, $B < 10$) とすると、図26の1列目2601はA、1行目2602はBを示しており、例えば作業工数が25の場合、 $A=2, B=5$ と識別し、図26中の2603部を必要な工事コストとし、メモリ1503 (1607) 内に作業ごとのコストを記録する。

【0126】

次に、全作業日数を策定し、これをキーとして停止期間1日当たりの損失データベースから工事期間中の電力損失費を策定する (処理3403)。

【0127】

この策定処理は作業工数・停止期間対応テーブルで行った処理と同様に行われる。作業期間を $10XA+C$ (A, B : 整数, $B < 10$) とすると、図27の1列目2701はA、1行目2702はBを示しており、例えば作業期間が25日の場合、 $A=2, B=5$ と識別し、2703部の数を電力損失費とし、メモリ1503 (1607) 内に図30のように記録する。

【0128】

ここで、配管部品の総価格は配管IDをキーとして、材料単価データベース1617から該当配管部品の単価281を出力、交換対象配管すべてを合計し、メモリ1503 (1607) に総材料費データとして図31のように記録される (処理3403)。

【0129】

メモリ内に格納された工事費、損失費、材料費は (数8) のように処理され、これから総保全費が策定し、立案工事計画費用データベース内に図32のように図20の工事計画にそれぞれの費用3202を加えて記録される (処理3405)。

【0130】

最後に、＜最適工事計画決定部＞の処理フローを図17を用いて説明する。

【0131】

立案工事計画費データベース1406に記録されている工事計画場合分け表3201のコスト欄から最も低いコストを検索し（処理1701）、該当計画が最適工事計画データベース1408に記録される。

【0132】

本決定部は、立案工事計画費データベースに記録された、保全計画案の中から、工事時期毎の保全費用を検索して、保全に対する投資計画に合わせた工事計画の立案をすることができる。

【0133】

また、本交換工事計画立案処理は、交換用の配管部品に中古部品や耐用年数の異なる部品を用いて工事計画を立てることも可能である。

【0134】

次に、実際のプラント配管ラインを例にとり最小コストの配管交換工事計画を立ててみる。

【0135】

寿命が10年の原子力プラントにおいて、図19のような配管部品1901, 1902, 1903、3個で構成される配管ラインを仮定する。この配管ラインについて当該処理で保全計画を自動的に立案し、プラント運転期間中のメンテナンスコストを最小化する具体的な処理フローについて説明する。

【0136】

それぞれの配管部品は、PIPE__1(1901), VAL__1(1902), PIPE__2(1903)のような配管IDをもつ。

【0137】

配管IDをキーとして、配管劣化データベース1402中の劣化データを検索し、このデータから、最小耐用年数の配管部品、およびその耐用年数を3年と策定、工事周期を3年（工事実施は初年度，3年後，6年後，9年後）とする。ここで、それぞれの配管部品の耐用年数がPIPE__1(1901)が3年、VAL__1(1902)が4年、PIPE__2(1903)が9年とする。

【0138】

次に工事周期に、VAL__1(1902), PIPE__2(1903)を交換する

かどうかを場合分けし、配管k回目の工事時期に交換する必要が有るか無いかの判定を図20の表に格納する。

【0139】

この表は、PIPE__1(1901)を交換対象とし、VAL__1(1902), PIPE__2(1903)を交換するかどうかその他2個の配管を交換するかどうかを場合分けし、それぞれについて交換コストを導出する。

【0140】

表の1行目は組み合わせ番号、2行目はPIPE__1以外の配管部品の配管ID、3行目からは工事实施年(1列目)とPIPE__1以外の配管部品交換工事の有無を示し、数字はそれぞれ配管部品を交換する(1)ないし(0)を示している。この場合、場合分けの数は13個であり、それぞれ表のような交換計画になる。

【0141】

工事計画場合分けの表中の配管交換計画No.1がプラント保全費用算出部に入力され配管交換計画No.1でかかるコストがプラント保全費用算出部で算出され、工事計画場合分け表中のコスト欄に工事コストが記録される。同様な処理がNo.=2, 3, ..., 13について行われ、それぞれのコストが算出、記録される。

【0142】

また、交換対象配管組み合わせ作成処理部から、図20のNo.=1の工事計画が出力されたとする。この工事計画は物量データなどと共に作業工数算出部に入力され、作業原単位は各配管、作業種類によって値が決まる。(数7)から作業工数は次の(数9)ように求められる。

【0143】

$$\begin{aligned} \text{作業工数} = & (\text{作業原単位} = 18) \text{足場づくり} \times (\text{物量} = 2) \text{足場づくり} \\ & + (\text{作業原単位} = 27) \text{切断} \times (\text{物量} = 1) \text{切断} + (\text{作業原単位} \\ & = 24) \text{除染} \times (\text{物量} = 1) \text{除染} + (\text{作業原単位} = 8) \text{配管部品処分} \\ & \times (\text{物量} = 3) \text{配管部品処理} + (\text{作業原単位} = 25) \text{据付} \times (\text{物量} \\ & = 3) \text{据付} + (\text{作業原単位} = 32) \text{溶接} \times (\text{物量} = 3) \text{溶接} \end{aligned}$$

$$+ (\text{作業原単位} = 6)_{\text{塗装}} \times (\text{物量} = 3)_{\text{塗装}} \quad \dots (\text{数} 9)$$

よって、初年度作業工数 = 3 0 0 が算出される。なお、本計画では同様の工事がプラント寿命内に 4 回行われるので、総工数データは $3 0 0 \times 4 = 1 2 0 0$ となる。

【 0 1 4 4 】

総工数データは、作業工数停止期間対応テーブルと共に運転停止期間における損失処理部に入力される。運転停止期間における損失処理部は、作業工数停止期間対応テーブルの中から作業工数 = 1 2 0 0 のセルを検索、対応する作業時間 = 2 1 6 0 時間、作業期間 2 7 0 日を出力、これに伴う工事費および運転停止に伴う電力費を割り出す。

【 0 1 4 5 】

このとき、各作業手順ごとの作業工数を入力データとし、各手順で必要な作業期間を算出することもできる。

【 0 1 4 6 】

工事費および電力費は作業工数、作業期間によって決まっており、このテーブルの中から工事費 = 2 億 4 0 0 0 万円、電力損失 9 6 0 0 万円となる。また、材料単価は、材料単価データベースから配管 P I P E _ 1, 2 がそれぞれ 1 0 0, 1 5 0 万円、配管 V A L _ 1 が 3 0 0 万円と仮定すると、4 回交換するので、総材料費は 2 2 0 0 万円である。

【 0 1 4 7 】

よって (数 8) から

工事コスト = $2, 2 0 0 + 2 4, 0 0 0 + 9, 6 0 0 = 3 5, 8 0 0$ (万円)
となり、この結果は交換時期計画データベース中のコスト欄に格納される。

【 0 1 4 8 】

最後に、最適工事計画決定部において工事計画場合分け表の工事計画およびコストの中から、顧客の要望に合わせたプラント保全工事計画が検索され、選択保全計画データベース内に記録される。顧客が最小コストの工事計画を要求する場合は、No. 8 および 1 2 の計画が選択保全計画データベース内に記録される。

【 0 1 4 9 】

これら一連の処理は交換対象配管組み合わせ作成処理部から出力される 1 3 通りの交換計画について行われる。すべての場合についてプラント保全費用が求められる。

【0 1 5 0】

各場合について、それぞれの総保全費用が異なる理由について No. 6 の保全計画を例にして説明する。

【0 1 5 1】

No. 6 の保全計画において交換対象配管は、当年度 P I P E _ 1 (1 9 0 1) , V A L _ 1 (1 9 0 2) および P I P E _ 2 (1 9 0 3)、3 年後 P I P E _ 1 (1 9 0 1) , V A L _ 1 (1 9 0 2) および P I P E _ 2 (1 9 0 3)、6 年後 P I P E _ 1 (1 9 0 1) および P I P E _ 2 (1 9 0 3)、9 年後 P I P E _ 1 (1 9 0 1) および V A L _ 1 (1 9 0 2) である。6 年後および 9 年後の工事は交換対象配管が少なく、配管の材料費および作業工数が削減できる。また、9 年後の交換工事において、交換配管は連続した位置関係で作業工数が削減できる。これに対して 6 年後の交換配管は連続した位置関係を持っていないので作業工数はあまり削減できない。

【0 1 5 2】

このように各保全工事間の費用の差は、配管の材料単価および作業工数の差で生じる。

【0 1 5 3】

次に、プラント部品一つ一つを対象とした、従来の保全工事費用と本処理で得られる保全計画 (No. 8, 1 3) の保全工事費とを比較する。

【0 1 5 4】

図 1 9 の配管ラインにおいて配管部品一つ一つを対象とした従来の技術で工事計画を立てるとすると、工事年度は 0, 3, 4, 6, 8, 9 年後の 6 回行わなくてはならない。

【0 1 5 5】

本処理による工事計画において工事年度は 0, 3, 6 の 3 回ですむ。

【0 1 5 6】

本処理により、運転停止に伴う電力損失はほぼ半額に削減される。

【0157】

ここで、配管工事計画は、足場作り～配管部品処分までの交換準備作業、据付および溶接までの本工事、塗装の後始末に分けられ、準備作業における工数の数は物量と関係がなくなる。つまり、複数の配管部品を交換する場合も配管部品ひとつを交換する場合も、工数はほぼ等しくなる。その理由として複数交換の場合は切断個所を削減したり、足場を共有できることがあげられる。除染作業も配管部品の数にあまり左右されない。すなわち準備作業の工数は物量にかかわらず工事ごとにほぼ一定である。また、塗装や後処理にかかる費用も工事ごとにほぼ等しくなり、工事費用は据付作業および溶接作業の工数のみが物量に依存する。

【0158】

材料費はNo. 8の保全計画においては1,450万円であるが、従来方式保全工事においては1,350万円である。

【0159】

以上のことから総保全費を求める式は(数10)とも表せる。

【0160】

総保全費用=(準備作業費+後処理作業費+運転停止による損失費)×工事回数+(各年毎の据う付けおよび溶接作業費)+総材料費 … (数10)

(数10)に従来方式および本システムについての値を代入すると

$$\begin{aligned} \text{従来方式総保全費用} &= (2,220 + 360 + 2,400) \times 6 + (3,420 \\ &\quad + 1,140 + 1,140 + 1,140 + 1,140 \\ &\quad + 2,280) + 1,350 = 41,490 \text{万円} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{本システム方式保全費用} &= (2,220 + 360 + 2,400) \times 4 \\ &\quad + (3,420 + 2,280 + 3,420 \\ &\quad + 1,140) + 1,450 = 31,630 \text{万円} \end{aligned}$$

本処理は従来方式よりも9,860万円安い工事計画を立案できる。

【0161】

【発明の効果】

本発明によれば、配管ライン全体の予測肉厚を正確に求めることができます。

【 0 1 6 2 】

また、測定配管部品以外の配管部品の肉厚も予測できるようになります。

【 0 1 6 3 】

また、測定配管部品を有しない配管ラインの肉厚も予測できるようになります

。

【 0 1 6 4 】

また、これらの予測結果を用いて、交換工事計画を立案することにより、より経済的な工事が可能になります。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明を用いたサービス提供者システムの全体図。

【図 2】

サービス提供者システムの詳細図。

【図 3】

配管減肉予測処理のフロー図。

【図 4】

処理 1 のフロー図。

【図 5】

処理 2 のフロー図。

【図 6】

処理 3 のフロー図。

【図 7】

3 次元配置情報を示すテーブル。

【図 8】

肉厚測定データを示すテーブル図。

【図 9】

配管内流体データを示すテーブル図。

【図 1 0】

流体挙動推定処理部のフロー図。

【図 1 1】

流体シミュレーション処理部のフロー図。

【図 1 2】

入力流体データ発生処理部のフロー図。

【図 1 3】

交換工事計画立案処理を詳細に示す図。

【図 1 4】

交換工事計画立案処理の処理フロー図。

【図 1 5】

交換時期組み合わせ作成部のフロー図。

【図 1 6】

保全費用管理部のフロー図。

【図 1 7】

最適工事計画決定部のフロー図。

【図 1 8】

3次元配管情報を示すテーブル。

【図 1 9】

配管ラインを示す図。

【図 2 0】

交換時期計画データのテーブル。

【図 2 1】

物量データのテーブル。

【図 2 2】

作業原単位データのテーブル。

【図 2 3】

作業手順データのテーブル。

【図 2 4】

作業手順データの作成フロー図。

【図 2 5】

作業工数－停止期間対応テーブル。

【図 2 6】

作業工数・作業コスト対応テーブル。

【図 2 7】

停止期間 1 日当たりの損失データ。

【図 2 8】

材料単価テーブル。

【図 2 9】

作業工数データテーブル。

【図 3 0】

電力損失データのテーブル。

【図 3 1】

総材料費データのテーブル。

【図 3 2】

総費用データのテーブル。

【図 3 3】

保全費用算出部の処理フロー図。

【図 3 4】

保全費用算出部の処理フロー図。

【図 3 5】

省略可能データのテーブル。

【図 3 6】

省略可能作業工数データの作成フロー図。

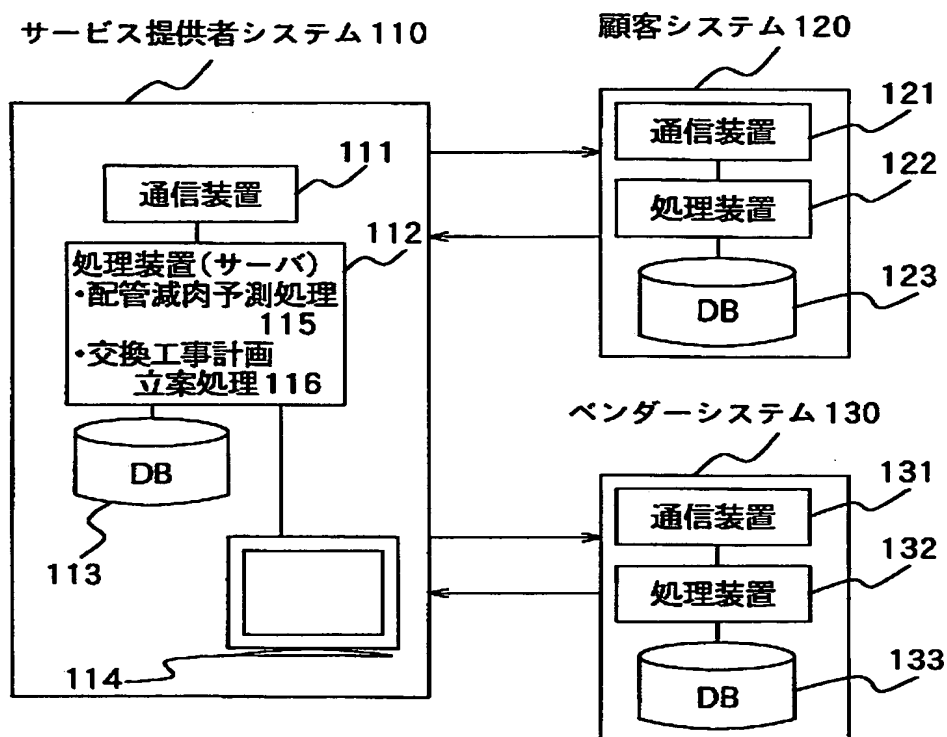
【符号の説明】

1 1 0 …サービス提供者システム、1 1 1, 1 2 1, 1 3 1 …通信装置、112
…処理装置（サーバ）、1 1 3, 1 2 3, 1 3 3 …DB、1 1 4 …表示装置、
1 1 5 …配管・減肉予測処理、1 1 6 …交換工事計画立案処理、1 2 0 …顧客シ
ステム、1 2 2, 1 3 2 …処理装置、1 3 0 …ベンダーシステム。

【書類名】 図面

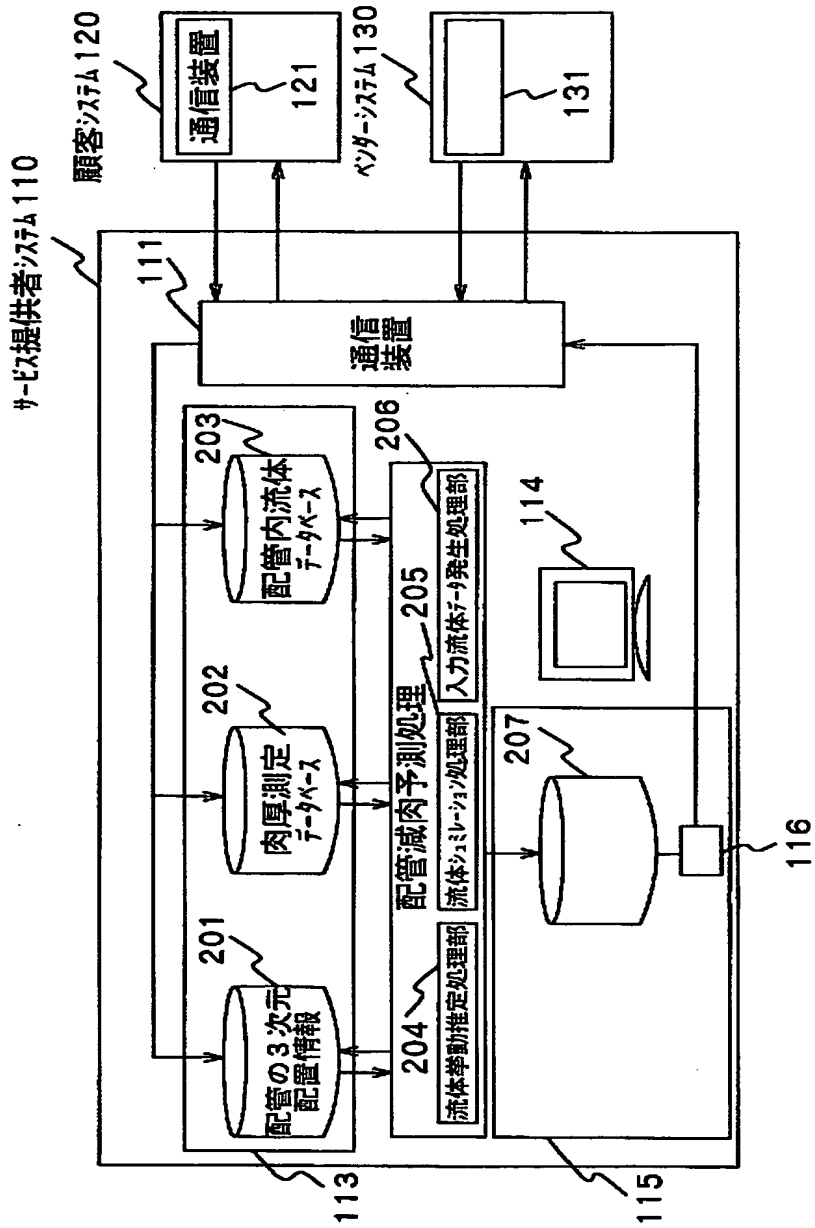
【図 1】

図 1

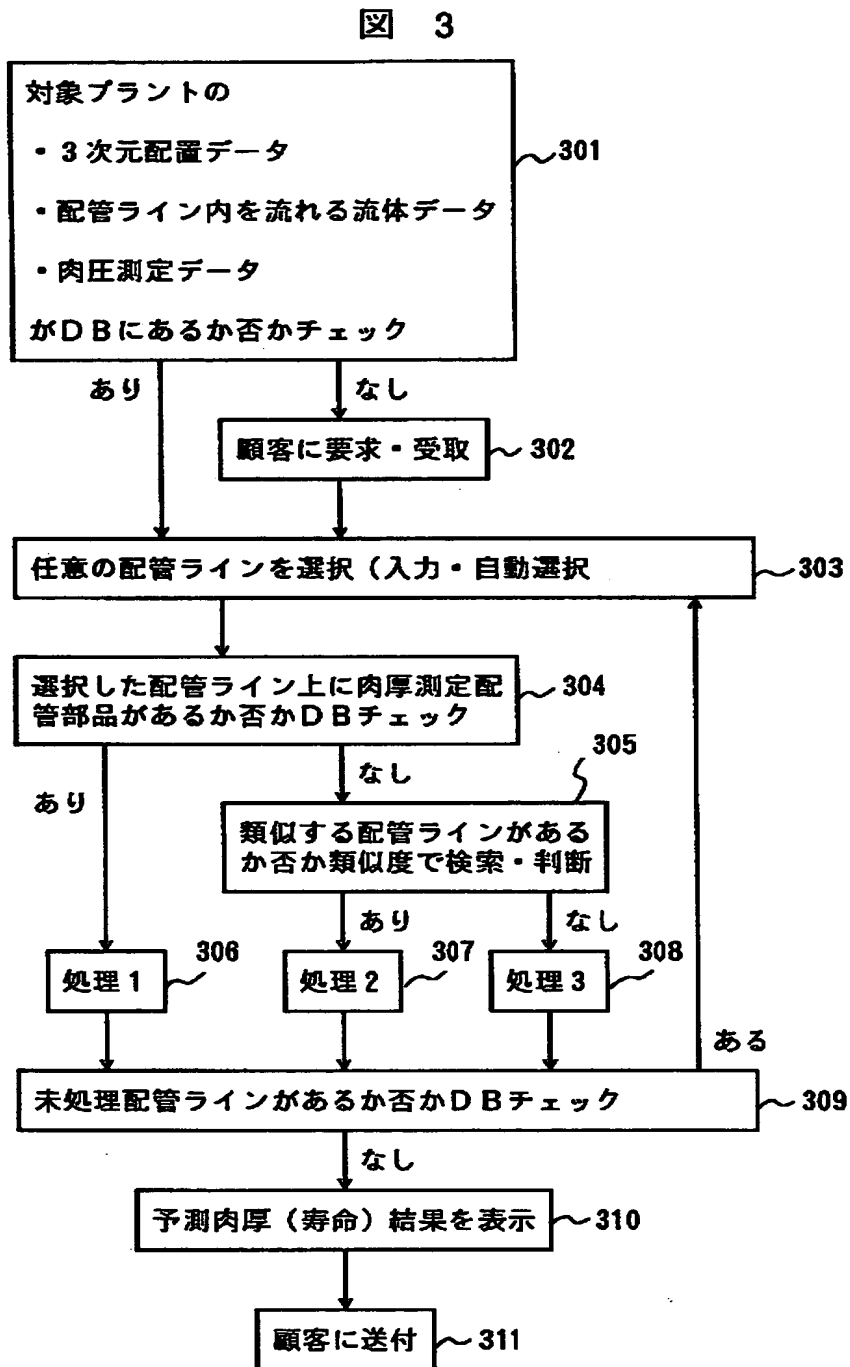


【図 2】

図 2



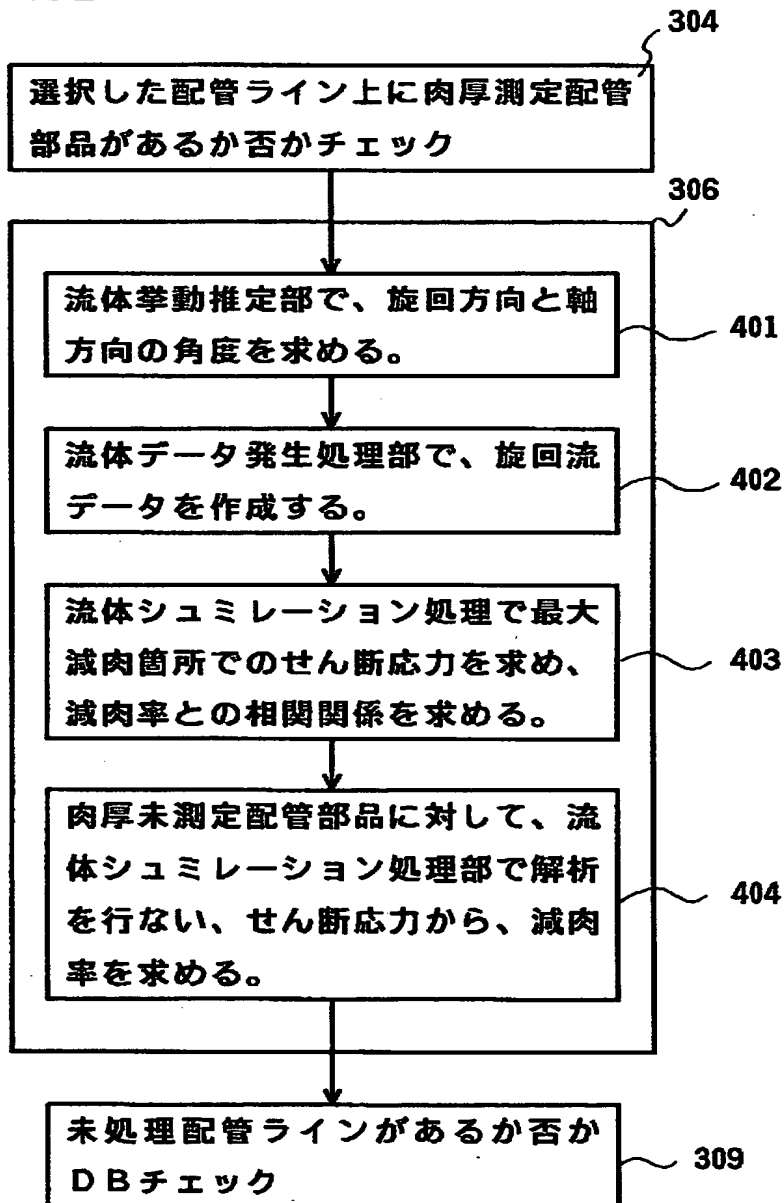
【図 3】



【図 4】

図 4

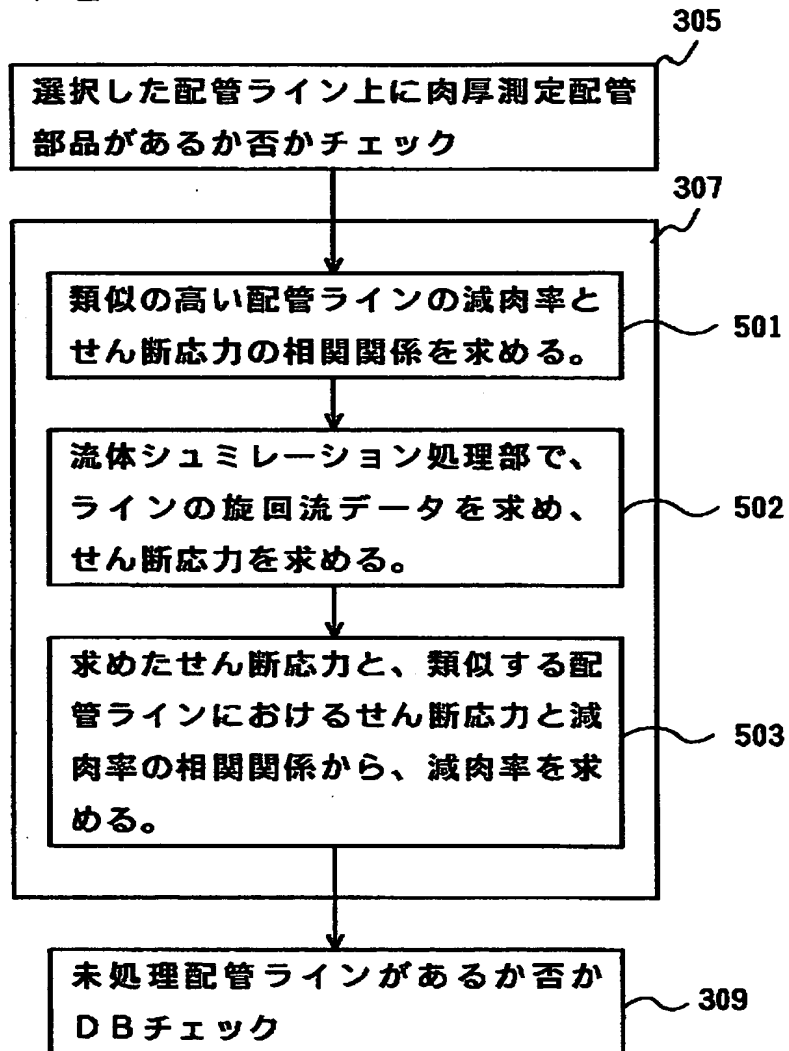
処理 1



【図5】

図 5

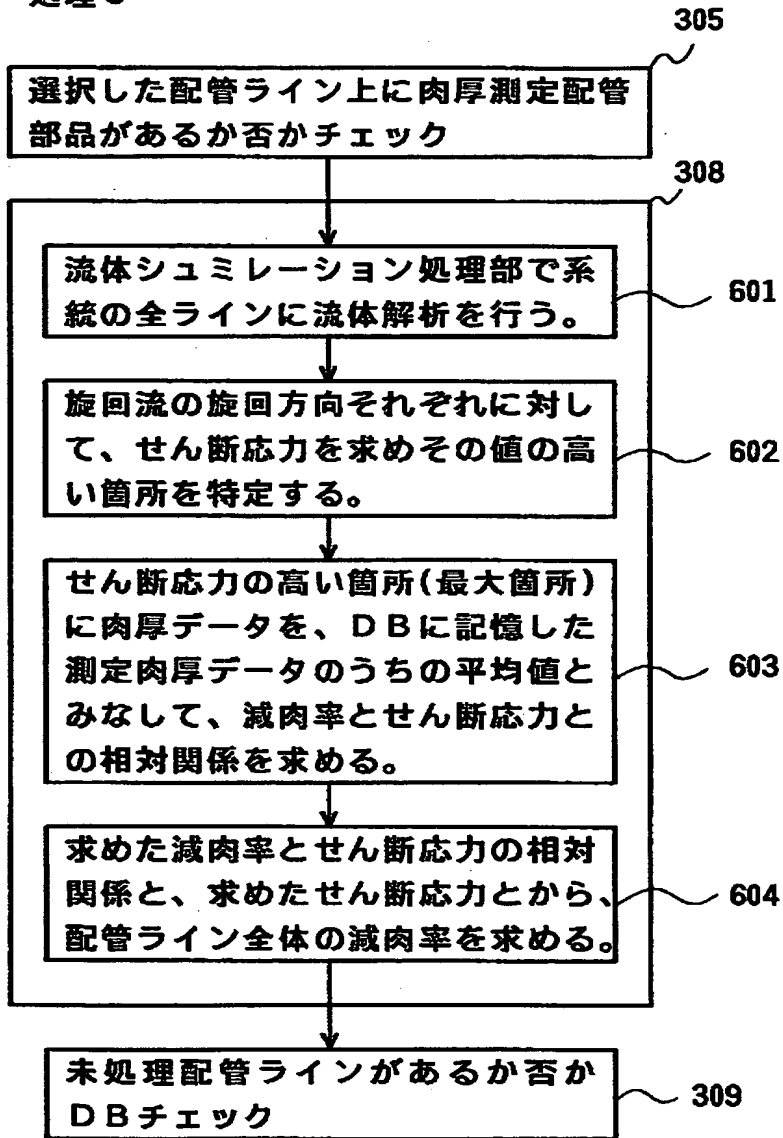
処理 2



【図 6】

図 6

処理 3



【図 7】

図 7

部品 ID	位置情報	接続情報					
部品 ID	部品種別	形 状	材質	...	系統No	配管ラインNo	測定肉厚データ
EQ-001	EQUIPEMENT	BROCK(30×100×20)	Fe	:			
EQ-002	:	:	:	:			
:	:	:	:	:			
PIPE-001	PIPE	CYLINDER(10×80)	Fe	:			
PIPE-002	:	:	:	:			
:	:	:	:	:			

部品種別	位置情報
EQUIPEMENT	中心座標(X, Y, Z)
PIPE	始点(X ₁ , Y ₁ , Z ₁)-終点(X ₂ , Y ₂ , Z ₂)
:	:
:	:

部品種別	接続情報
EQUIPEMENT	(接続部品 ID), ...
PIPE	(接続部品 ID ₁), (接続部品 ID ₂), ...
:	:
:	:

【図 8】

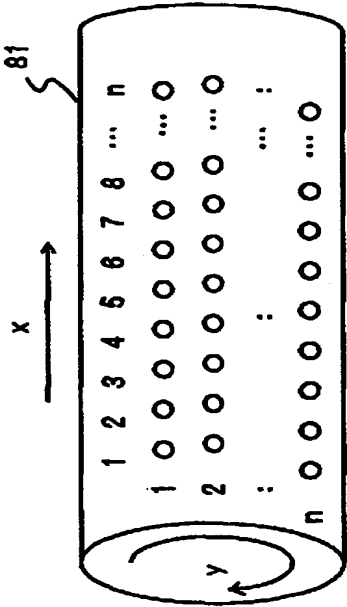


図 8

↓

82

測定肉厚 7-9ID	1(0)	2(0.5)	3(1.0)	4(1.5)	5(2.0)	...	n(x,y)
1(0)	3.8	3.9	4.0	4.3	3.8	...	
2(1.0)	3.9	4.1	3.6	3.8	3.4	...	
3(2.0)	3.9	4.0	3.7	3.9	4.2	...	
:	:	:	:	:	:		
n(x,y)							

【図9】

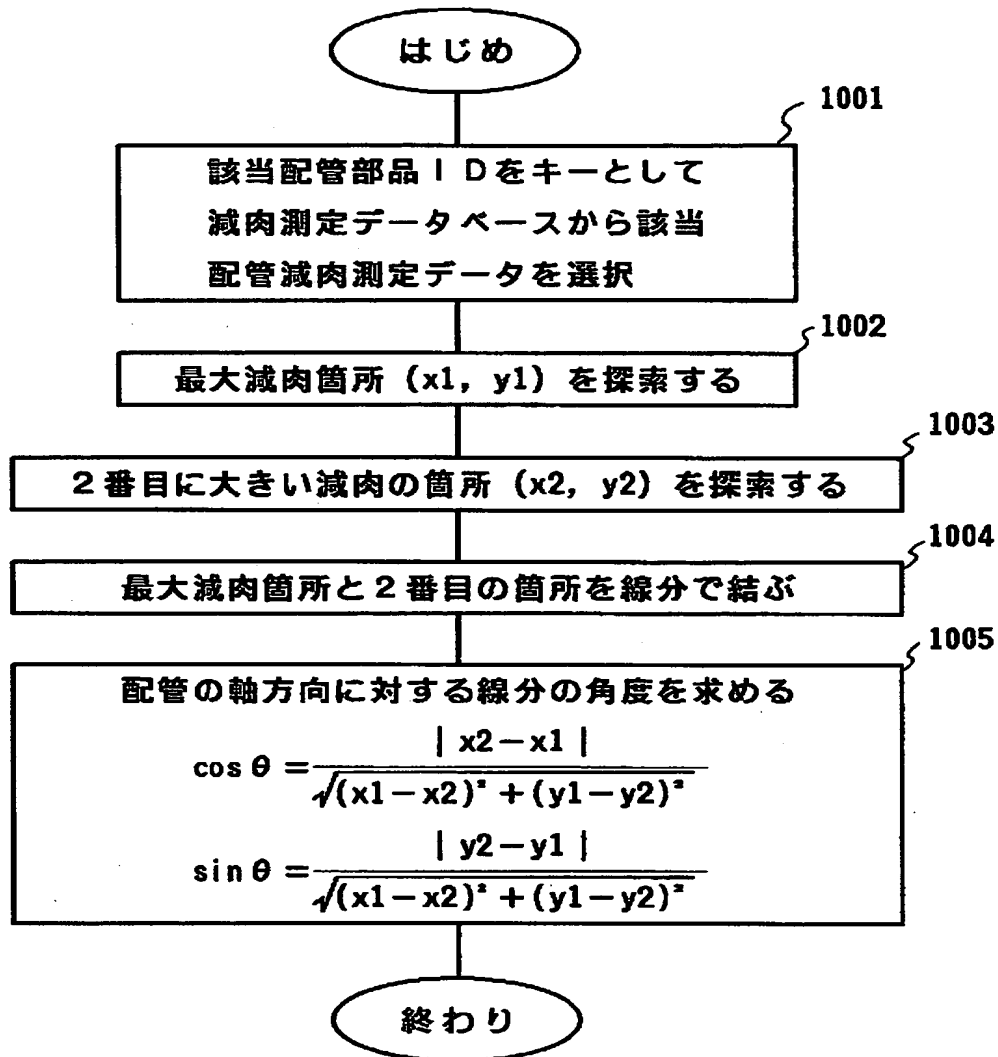
図 9

91

部品ID	流体名	温度	圧力	溶存酸素濃度	平均流速
PIPE-001	蒸気	170℃	55Pa	10ppb	43 m/s
PIPE-002	軽水	66℃	6Pa	3ppb	15 m/s
PIPE-003	軽水	30℃	1Pa	1ppb	7 m/s
:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:

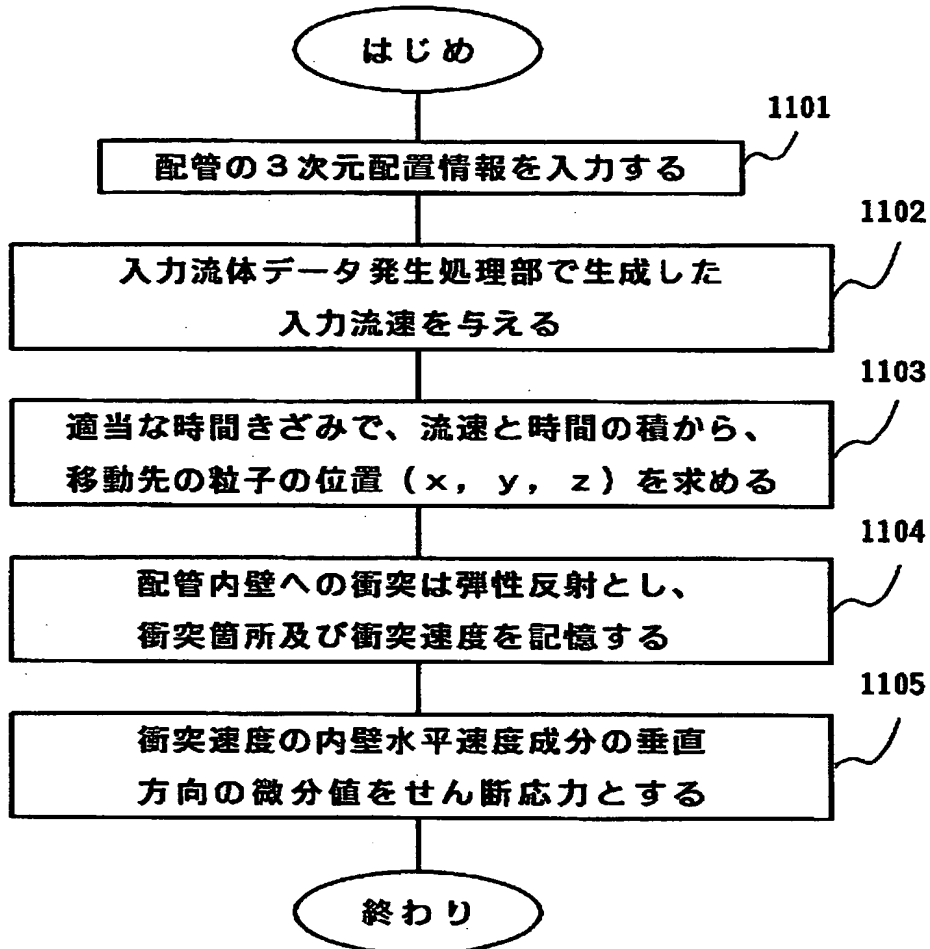
【図 10】

図 10



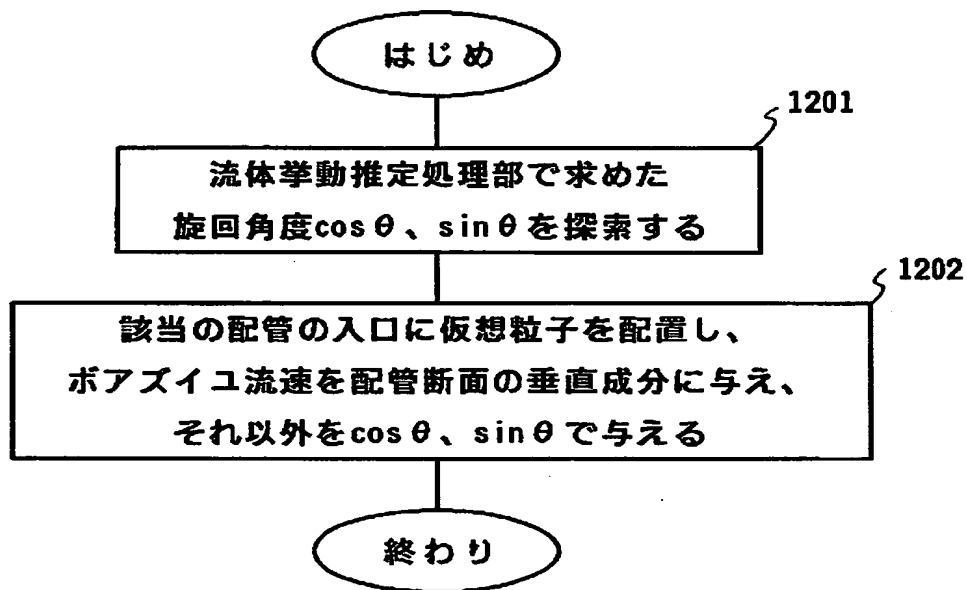
【図 1 1】

図 11



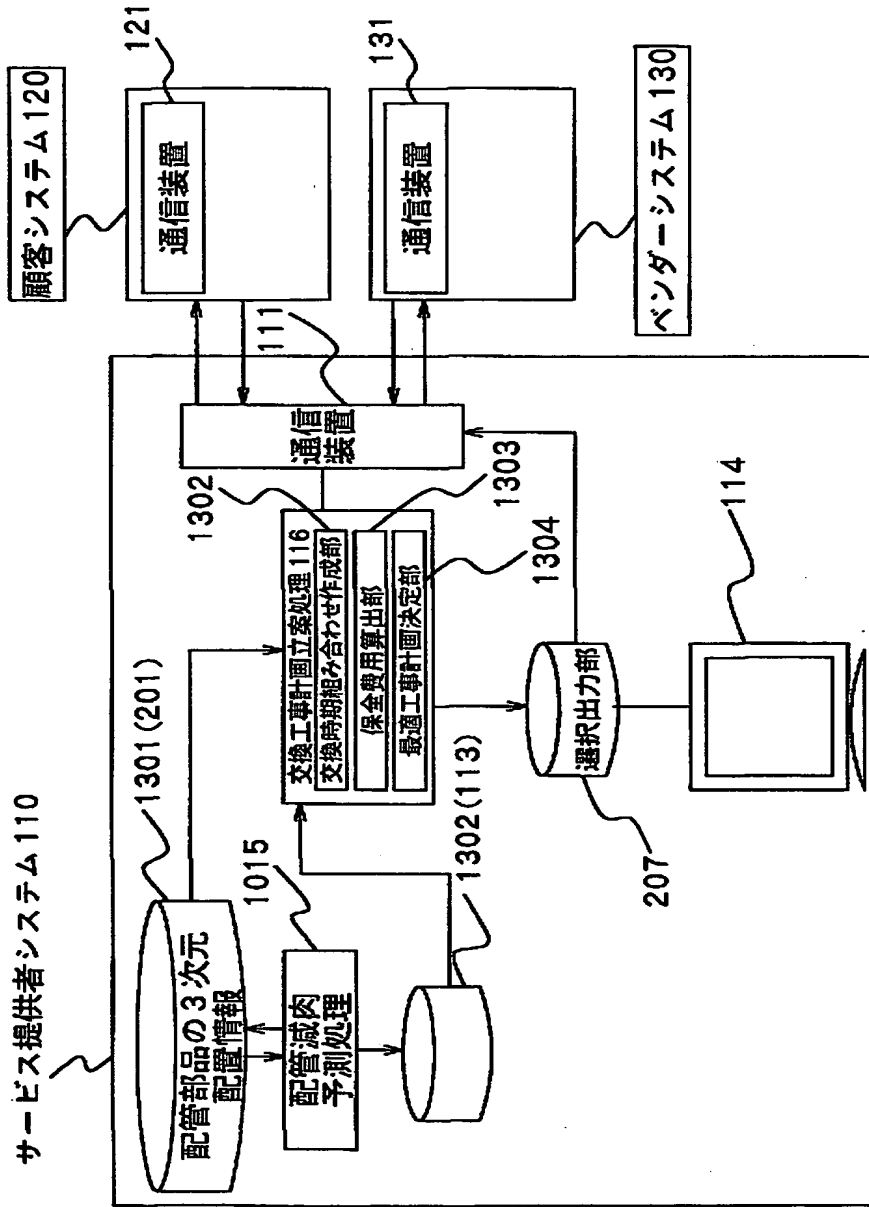
【図 12】

図 12



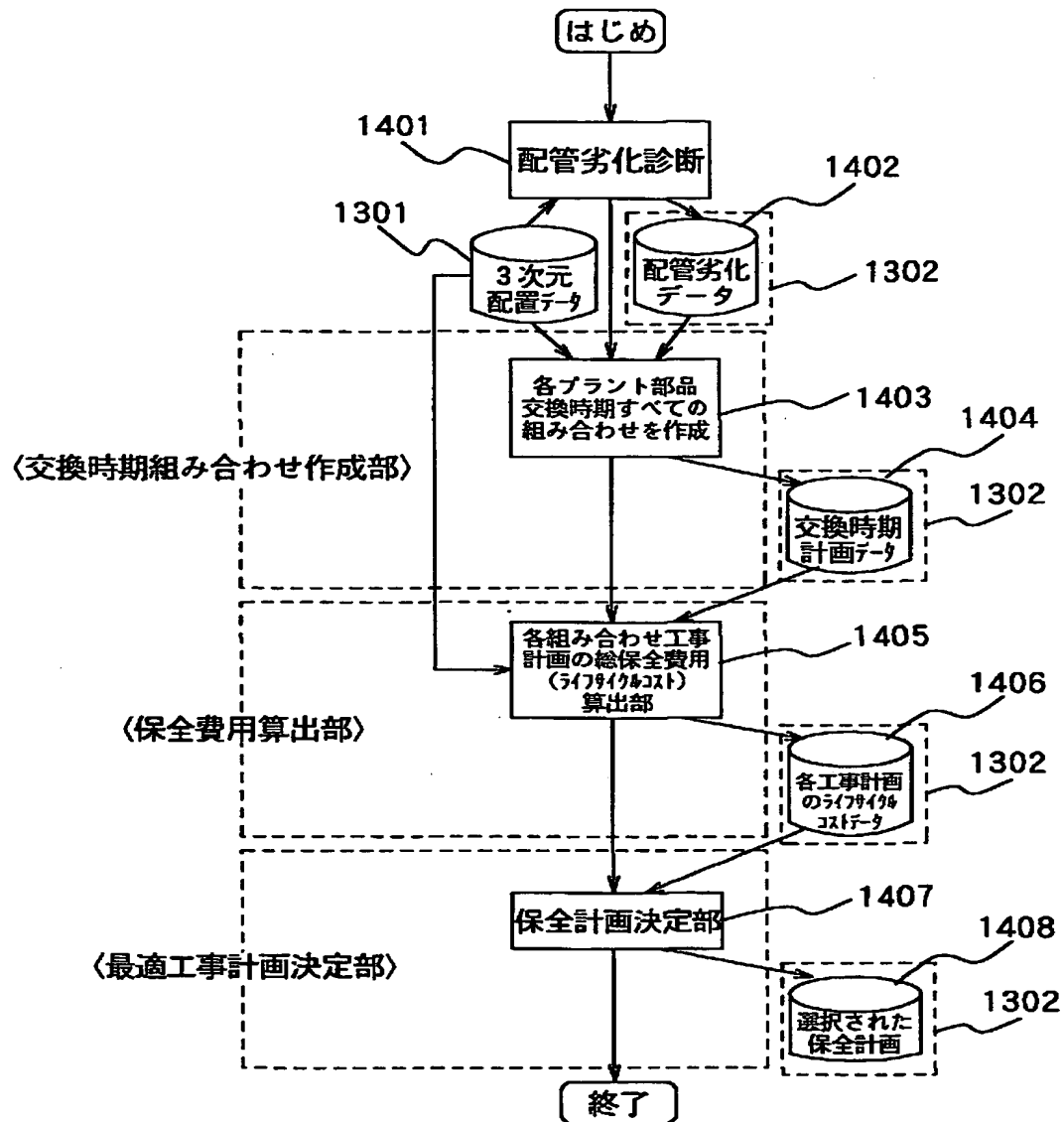
【図13】

図 13



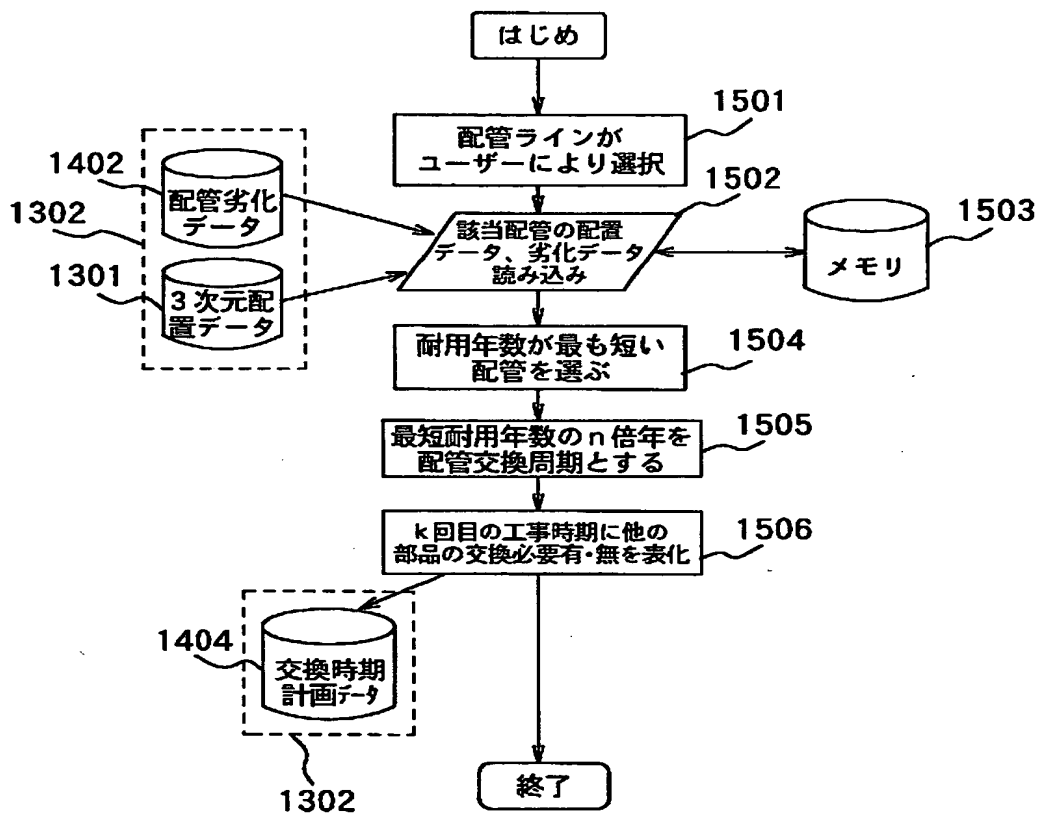
【図14】

図 14



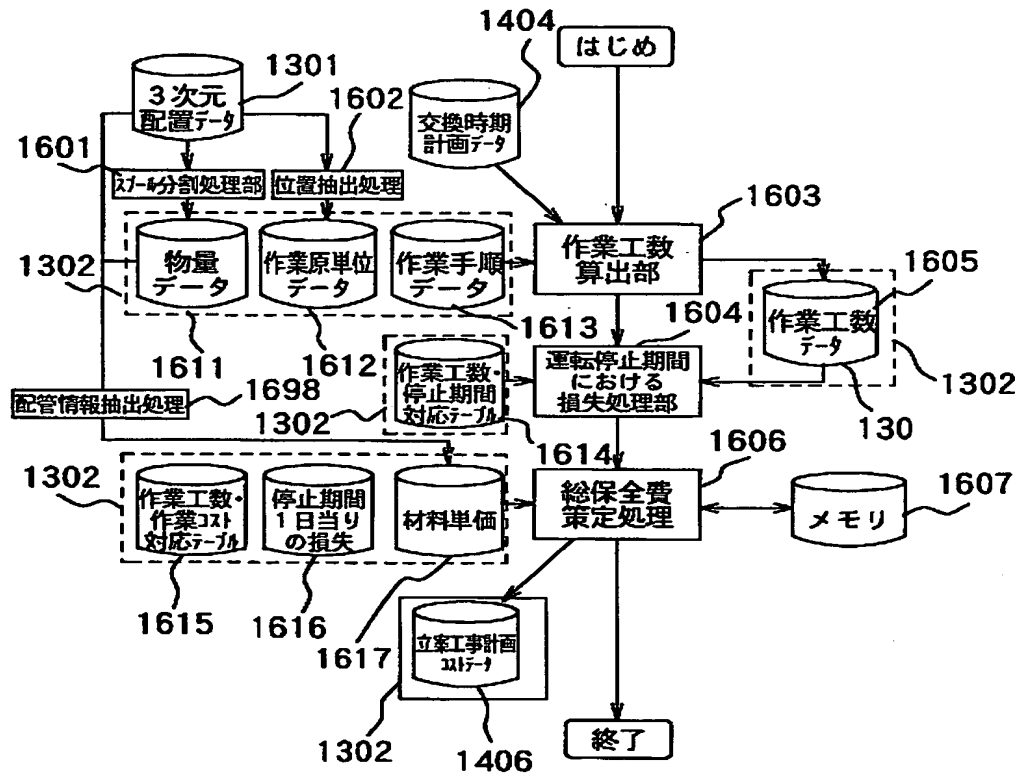
【図 15】

図 15



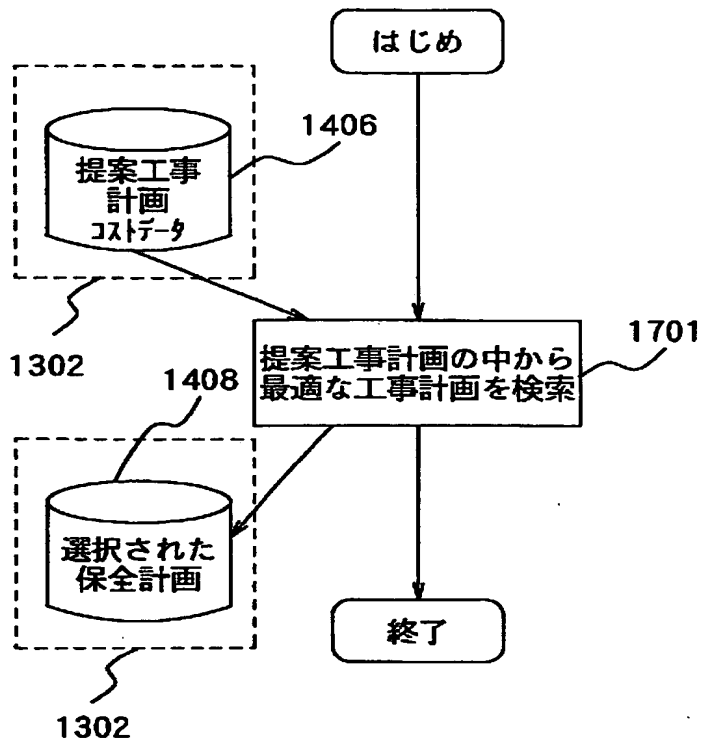
【図 16】

図 16



【図 1 7】

図 1 7



【図 1 8】

図 18

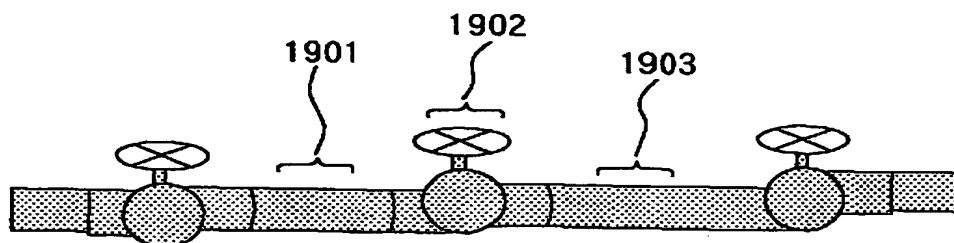
部品 ID	部品種別	形状	材質	・・・	系統 No.	配管ラインNo	劣化データ
PIPE-001	PIPE	CYLINDER (10X80)	SCPG				3
PIPE-002	PIPE	CYLINDER (10X80)	STPT				9
⋮	⋮	⋮	⋮				⋮
VAL-001	VALVE	CYLINDER (10X80)	SCPH				4

部品種別	位置情報
EQUIPEMENT	中心座標(X, Y, Z)
EQUIPEMENT	始点(X ₁ , Y ₁ , Z ₁)-終点(X ₂ , Y ₂ , Z ₂)
⋮	⋮

部品種別	接続情報
EQUIPEMENT	(接続部品 ID)...
PIPE	(接続部品 ID ₁), (接続部品 ID ₂)...
⋮	⋮

【図 1 9】

図 19



【図 2 0】

図 20

2001

組み合わせNo	配管ID	0	3	6	9	
	VAL-1	1	1	1	1	} 2002 } 2003
1	PIPE-2	1	1	1	1	
	VAL-1	1	1	1	0	
2	PIPE-2	1	1	1	1	
	VAL-1	1	1	1	1	
3	PIPE-2	1	1	1	0	
	VAL-1	1	1	1	0	
4	PIPE-2	1	1	1	0	
	VAL-1	1	1	1	1	
5	PIPE-2	1	1	0	1	
	VAL-1	1	1	1	0	
6	PIPE-2	1	1	0	1	
	VAL-1	1	1	1	1	
7	PIPE-2	1	1	0	0	
	VAL-1	1	1	1	0	
8	PIPE-2	1	1	0	0	
	VAL-1	1	1	1	1	
9	PIPE-2	1	0	1	1	
	VAL-1	1	1	1	0	
10	PIPE-2	1	0	1	1	
	VAL-1	1	1	1	1	
11	PIPE-2	1	0	1	0	
	VAL-1	1	1	1	0	
12	PIPE-2	1	0	1	0	
	VAL-1	1	1	1	1	
13	PIPE-2	1	0	0	1	

【図 2 1】

図 21

配管 I D	長さ	交換対象
P I P E - 1	1 2 0 0	1
P I P E - 2	2 0 0 0	1
⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮
V A L - 1	5 0 0	1
V A L - 2	5 5 0	0
⋮	⋮	⋮

【図 2 2】

図 22

	足場組み	.....	除染	.....	切断	.....	処分	.....
	足場組み完了	...	保通材搬入	.....	配管固定	.....	搬出	.....
	15	.....	8	13	11	10	3	.....
作業原単位								

.....	据え付け	.....	溶接	.....	塗装	.....
	配管設置	.....	関係食力せ	.....	配管洗浄	.....
	12	.....	13	.....	2	.....

【図 23】

図 23

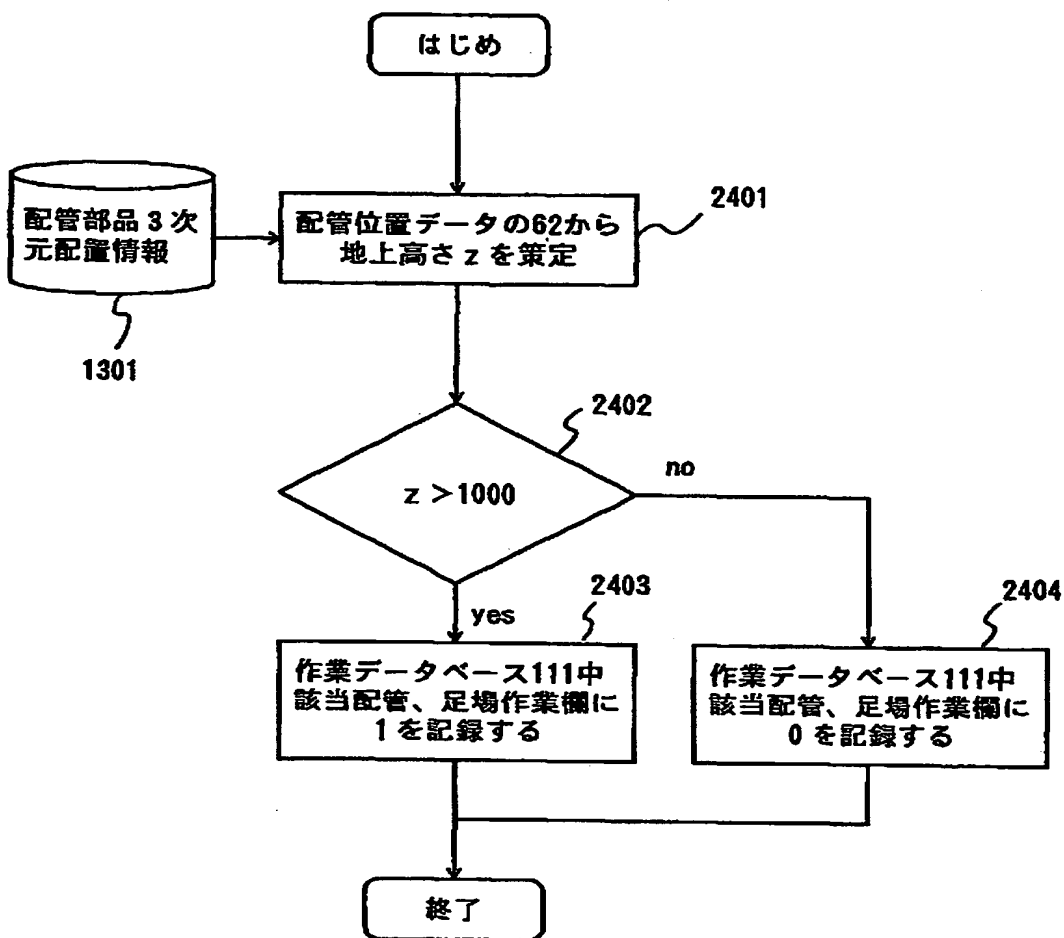
2301

配管ID	足場組み		配管		切断		配分	
	足場組み	足場解体	配管設置	配管撤去	配管切断	配管復旧	配管復旧	配分
PIPE-1	1	1	1	1	1	1	1	00000000
PIPE-2	1	1	1	1	1	1	1	00000000
VAL-1	1	0	0	0	1	1	1	00000000
VAL-2	0	0	0	0	1	1	1	00000000

配管ID	足場組み		配管		切断		配分	
	足場組み	足場解体	配管設置	配管撤去	配管切断	配管復旧	配管復旧	配分
PIPE-1	1	1	1	1	1	1	1	00000000
PIPE-2	1	1	1	1	1	1	1	00000000
VAL-1	1	0	0	0	1	1	1	00000000
VAL-2	0	0	0	0	1	1	1	00000000

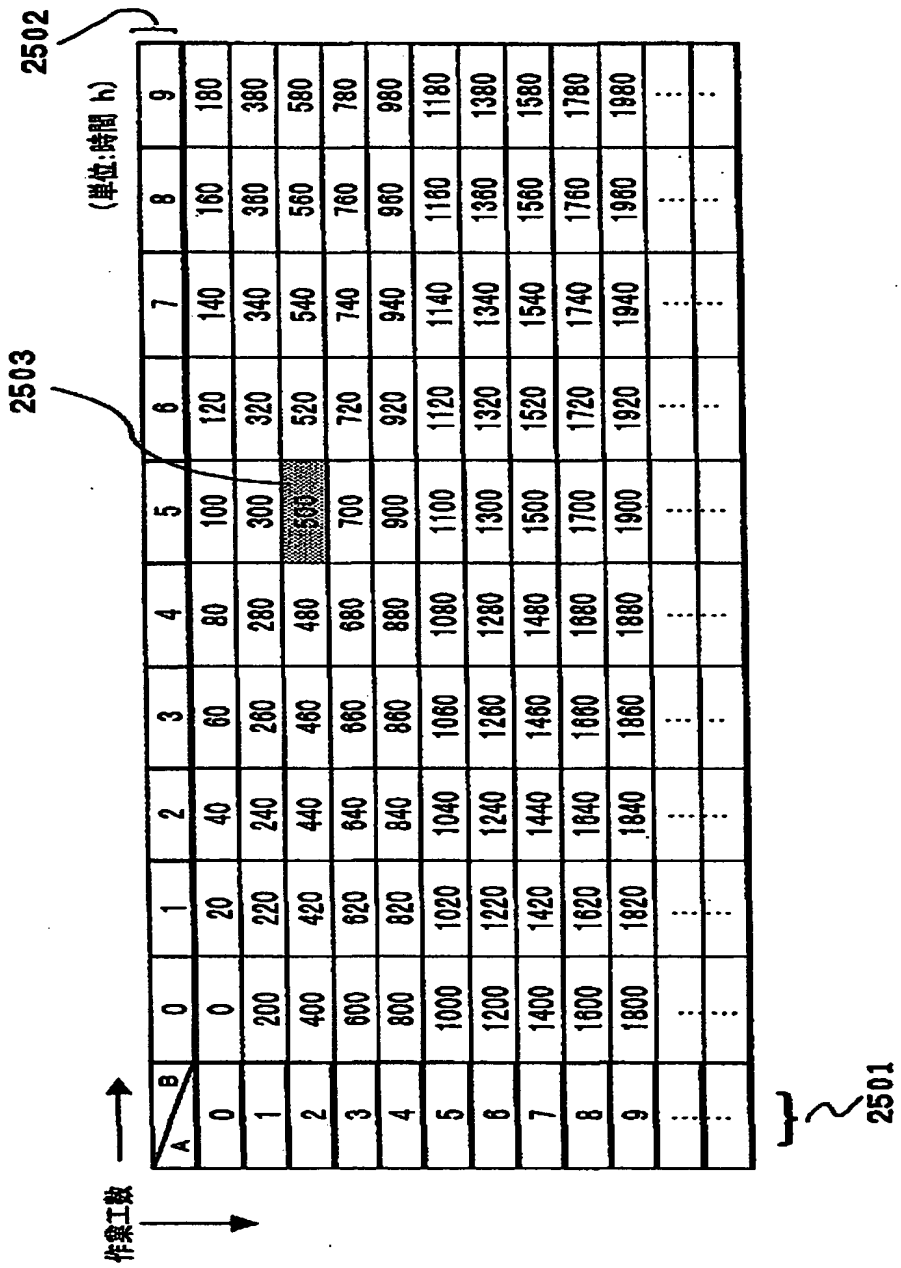
【図 24】

図 24



【図 2 5】

図 25



【图 2 6】

図 26

作業時間

A \ B	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
1	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
2	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145
3	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195
4	200	205	210	215	220	225	230	235	240	245
5	250	255	260	265	270	275	280	285	290	295
6	300	305	310	315	320	325	330	335	340	345
7	350	355	360	365	370	375	380	385	390	395
8	400	405	410	415	420	425	430	435	440	445
9	450	455	460	465	470	475	480	485	490	495
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

2601

【図 2 7】

図 27

2702
(単位:10万円)

2703

工事日数

2701

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	0	25	50	75	100	125	150	175	200	225
B	0	250	300	325	350	375	400	425	450	475
1	500	525	550	575	600	625	650	675	700	725
2	750	775	800	825	850	875	900	925	950	975
3	1000	1025	1050	1075	1100	1125	1150	1175	1200	1225
4	1250	1275	1300	1325	1350	1375	1400	1425	1450	1475
5	1500	1525	1550	1575	1600	1625	1650	1675	1700	1725
6	1750	1775	1800	1825	1850	1875	1900	1925	1950	1975
7	2000	2025	2050	2075	2100	2125	2150	2175	2200	2225
8	2250	2275	2300	2325	2350	2375	2400	2425	2450	2475
9	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...
...

【図 2 8】

図 28

2801



部品ID	配管内径	形 状	材 質	．．．．	肉 厚	長 七	単 価
PIPE-001	PIPE	CYLINDER (10×60)	SCPG				100
PIPE-002	PIPE	CYLINDER (10×60)	STPT				150
．．．．	．．．．	．．．．	．．．．				．．．．
VAL-001	VALVE	CYLINDER (10×60)	SCPH				300

【図 29】

圖 29

原形ID	足場組立	除鉄	切筋	割合	備考
PIPE-1	0	24	0	0	
PIPE-2	0	0	0	0	
VAL-1	0	0	0	0	
合計	18	13	24	0	

2903

2904

2901

2902

2905

2906

2907

2908

2909

2910

2911

2912

2913

2914

2915

2916

2917

2918

2919

2920

2921

2922

2923

2924

2925

2926

2927

2928

2929

2930

2931

2932

2933

2934

2935

2936

2937

2938

2939

2940

2941

2942

2943

2944

2945

2946

2947

2948

2949

2950

2951

2952

2953

2954

2955

2956

2957

2958

2959

2960

2961

2962

2963

2964

2965

2966

2967

2968

2969

2970

2971

2972

2973

2974

2975

2976

2977

2978

2979

2980

2981

2982

2983

2984

2985

2986

2987

2988

2989

2990

2991

2992

2993

2994

2995

2996

2997

2998

2999

3000

3001

3002

3003

3004

3005

3006

3007

【図 3 0】

図 30

工事計画No.	電力損失
1	2 4 0 0 0
2	2 1 0 0 0
3	2 1 0 0 0
4	1 8 0 0 0
5	1 9 0 0 0
6	1 8 0 0 0
⋮	⋮
⋮	⋮

【図 3 1】

図 31

配管 I D	総材料費
1	8 0 0
2	1 2 0 0
3	2 4 0 0
⋮	⋮
⋮	⋮
	4 4 0 0

【図32】

図 32

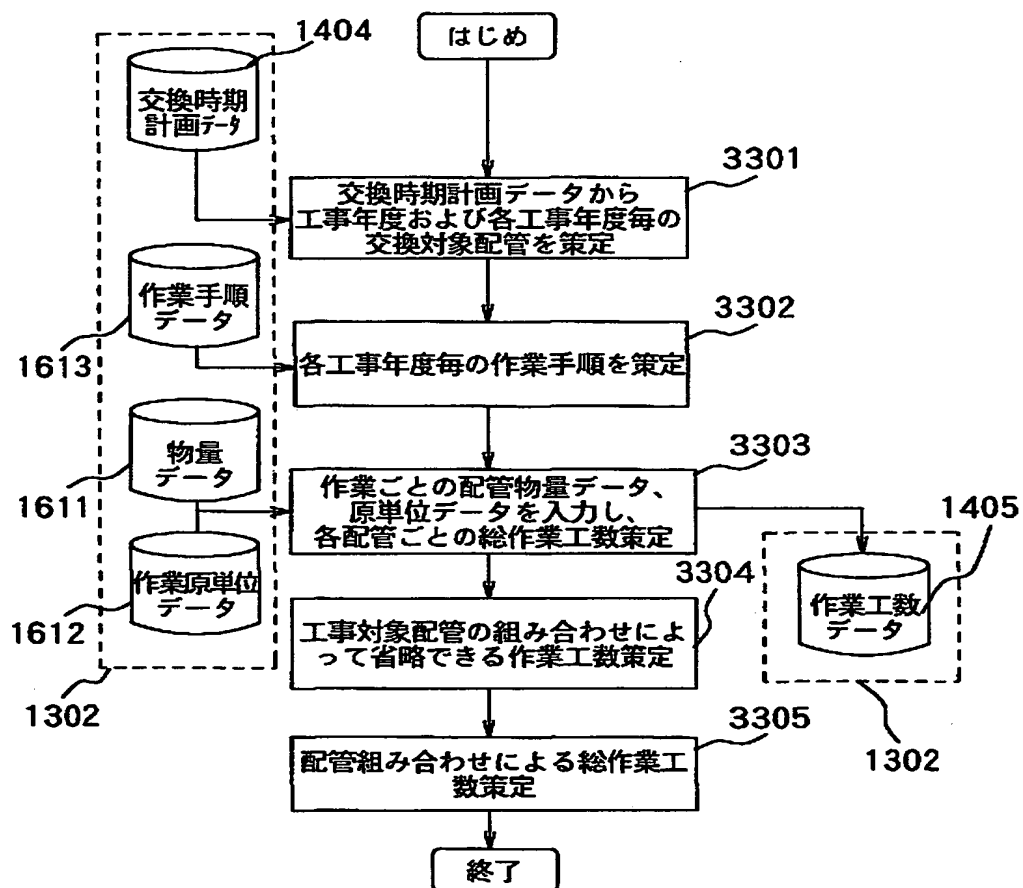
3201

組み合わせNo	配管ID	0	3	6	9	Cost(万円)
	PIPE-2	1	1	1	1	
1	VAL-1	1	1	1	1	35,800
	PIPE-2	1	1	1	0	
2	VAL-1	1	1	1	1	34,510
	PIPE-2	1	1	1	1	
3	VAL-1	1	1	1	0	34,360
	PIPE-2	1	1	1	0	
4	VAL-1	1	1	1	0	31,830
	PIPE-2	1	1	1	1	
5	VAL-1	1	1	0	1	34,360
	PIPE-2	1	1	1	0	
6	VAL-1	1	1	0	1	33,070
	PIPE-2	1	1	1	1	
7	VAL-1	1	1	0	0	32,920
	PIPE-2	1	1	1	0	
8	VAL-1	1	1	0	0	31,630
	PIPE-2	1	1	1	1	
9	VAL-1	1	0	1	1	34,360
	PIPE-2	1	1	1	0	
10	VAL-1	1	0	1	1	33,070
	PIPE-2	1	1	1	1	
11	VAL-1	1	0	1	0	32,920
	PIPE-2	1	1	1	0	
12	VAL-1	1	0	1	0	31,630
	PIPE-2	1	1	1	1	
13	VAL-1	1	0	0	1	32,920

3202

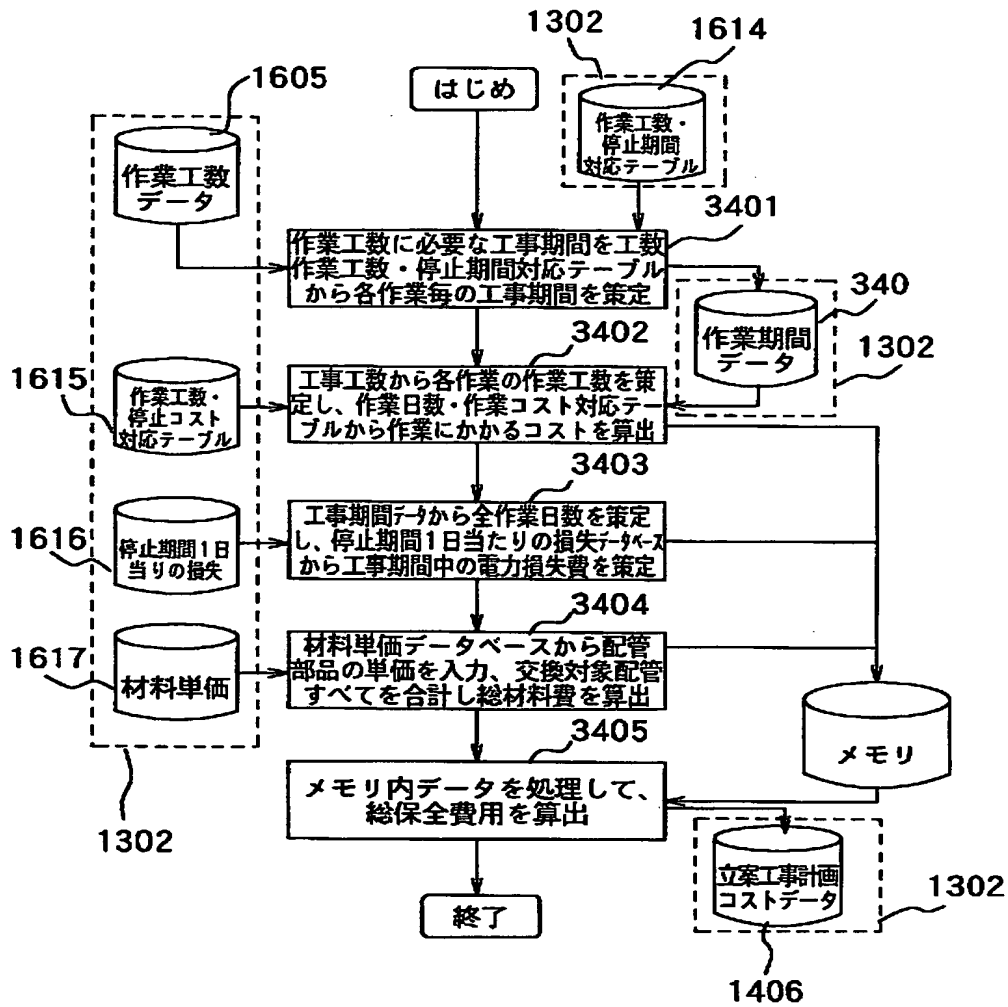
【図 33】

図 33



【図 34】

図 34



【図 35】

図 35

3501

足場組み		除袋		切断		処分	
足場組み	5	袋詰め数	5	配管数	5	搬出	7
有価労働工数							

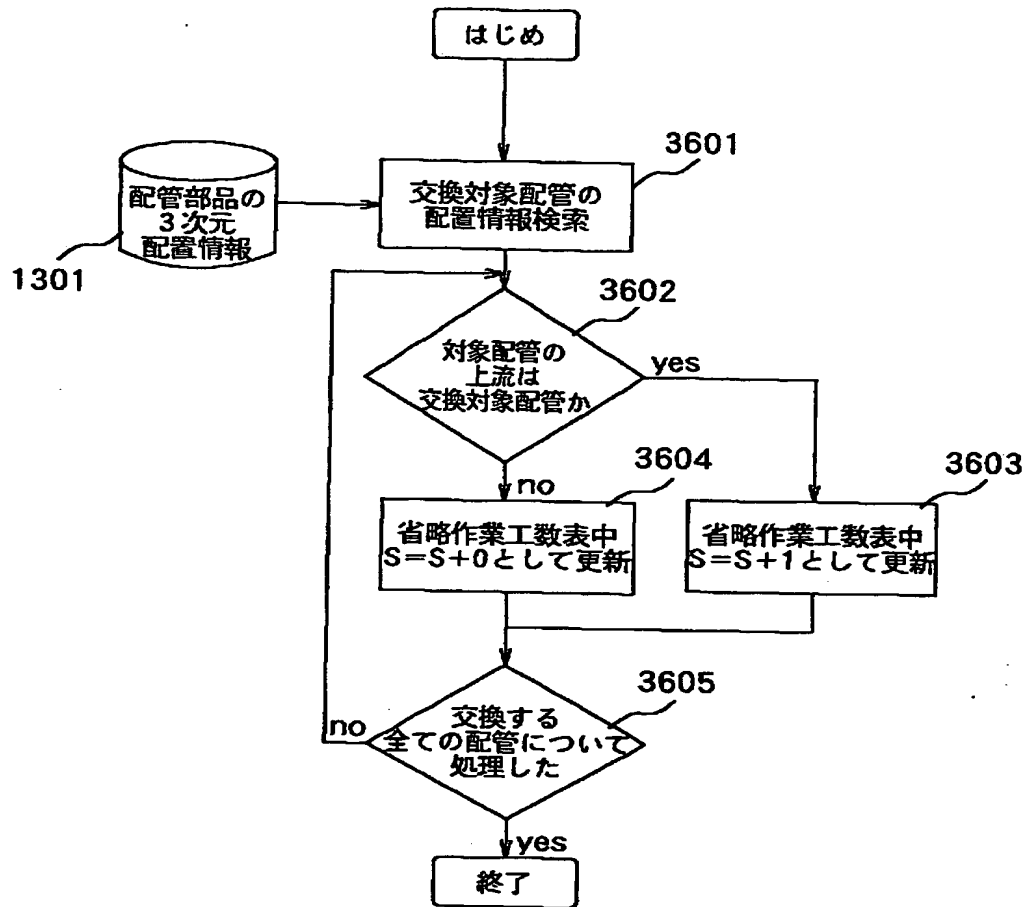
3502

省輸可能区間数 S	0
-----------	---

振込付		建設		竣工数	
配管設置	5	配管数	5		
		関係会社	12		

【図 36】

図 36



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

少ない測定点の情報から、未測定箇所の減肉率を推定する。

【解決手段】

配管肉厚データとその配管を含む配管ラインの3次元配置データを元に、配管ライン内部を流れる流体の挙動の変化を計算機でシュミレートし、そのシュミレートした流体の挙動の変化から、前記配管ラインを構成する配管の減肉した肉厚データを求める。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 0 - 2 8 6 8 4 9
受付番号	5 0 0 0 5 0 4 6 4 0 7
書類名	特許願
担当官	大井手 正雄 4 1 0 3
作成日	平成 1 2 年 1 2 月 1 日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成12年 9月18日

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地
氏 名 株式会社日立製作所